



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SUS CAUSAS, DESPUÉS DEL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL AÑO 2017, APLICANDO EL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO, EN LA AVENIDA MIRAFLORES – TRUJILLO”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniera Civil

Autor:

Ruth Emily Terrones Benavidez

Asesor:

MBA. Ing. Ricardo Daniel Avalos Alayo

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres que con su cariño y amor siempre me brindan su apoyo incondicional, sus consejos y pese a la distancia siempre me están motivando para luchar por las metas que me propongo.

A mi hermana que siempre me está apoyando, dándome cariño, fuerzas y consejos para seguir adelante con todo lo que me planteo.

A mi Meli que es mi segunda madre la que me brinda todo su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme día a día ir mejorando como profesional y persona, por siempre guiarme por el camino correcto y por haberme regalado a unos padres y una familia maravillosa, los cuales me apoyan siempre en cada paso que voy dando en mi vida, brindándome sus consejos y cariño incondicional; y por siempre creer y confiar en mí. A mi madre que a pesar de la distancia siempre me apoya moralmente y son su inmenso cariño.

A los docentes, familiares y amigos que estuvieron siempre a mi lado demostrándome su cariño y apoyo incondicional para el desarrollo de mi carrera todo el tiempo hasta el día de hoy.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	22
1.3. Objetivos	22
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	24
2.1. Tipo de investigación	24
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	25
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	28
2.4. Aspectos éticos	29
2.5. Procedimiento	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	49

3.1.	Inspección de las unidades	49
3.1.	Cálculo del PCI para toda la sección	65
3.2.	Interpretación de resultados.....	67
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		77
REFERENCIAS.....		83
ANEXOS		85
4.1.	Panel Fotográfico	85
4.2.	Valor deducido corregido	96
4.3.	Hojas de registro	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Hoja de Registro de la Unidad 1.....	46
Tabla 2	Valores deducidos de la sección 1.....	48
Tabla 3	Hoja de Registro de la Unidad 1.....	49
Tabla 4	Valores deducidos de la sección 1.....	49
Tabla 5	Hoja de Registro de la Unidad 2.....	50
Tabla 6	Valores deducidos de la sección 2.....	50
Tabla 7	Hoja de Registro de la Unidad 3.....	51
Tabla 8	Valores deducidos de la sección 3.....	51
Tabla 9	Hoja de Registro de la Unidad 4.....	52
Tabla 10	Valores deducidos de la sección 4.....	52
Tabla 11	Hoja de Registro de la Unidad 5.....	53
Tabla 12	Valores deducidos de la sección 5.....	53
Tabla 13	Hoja de Registro de la Unidad 6.....	54
Tabla 14	Valores deducidos de la sección 6.....	54
Tabla 15	Hoja de Registro de la Unidad 7.....	55
Tabla 16	Valores deducidos de la sección 7.....	55
Tabla 17	Hoja de Registro de la Unidad 8.....	56
Tabla 18	Valores deducidos de la sección 8.....	56
Tabla 19	Hoja de Registro de la Unidad 9.....	57
Tabla 20	Valores deducidos de la sección 9.....	57
Tabla 21	Hoja de Registro de la Unidad 10.....	58
Tabla 22	Valores deducidos de la sección 10.....	59
Tabla 23	Hoja de Registro de la Unidad 11.....	59
Tabla 24	Valores deducidos de la sección 11.....	60

Tabla 25	Hoja de Registro de la Unidad 12.....	60
Tabla 26	Valores deducidos de la sección 12	61
Tabla 27	Hoja de Registro de la Unidad 13.....	61
Tabla 28	Valores deducidos de la sección 13	62
Tabla 29	Hoja de Registro de la Unidad 14.....	62
Tabla 30	Valores deducidos de la sección 14	63
Tabla 31	Hoja de Registro de la Unidad 15.....	64
Tabla 32	Valores deducidos de la sección 15	64
Tabla 33	Hoja de Registro de la Unidad 16.....	65
Tabla 34	Valores deducidos de la sección 16	65
Tabla 35	PCI de la sección 1	66
Tabla 36	PCI de la sección 2	66
Tabla 37	Resumen de los datos de las fallas en la Av. Miraflores	67
Tabla 38	Resultados de la Av. Miraflores - Trujillo	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de Registro	28
Figura 2. Longitud para las unidades de muestra.....	30
Figura 3. Valor Máximo deducido	33
Figura 4. Número máximo admisible de valores deducidos.....	34
Figura 5. Rango de calificaciones del PCI.....	36
Figura 6. Intervenciones según PCI.....	36
Figura 7. Niveles de severidad de Huecos	39
Figura 8. Muestras a evaluar.....	45
Figura 9. Distribución de fallas – Desprendimiento de agregados	69
Figura 10. Distribución de fallas – Parcheo	70
Figura 11. Distribución de fallas – Huecos.....	70
Figura 12. Distribución de fallas – Fisuras longitudinales y transversales	71
Figura 13. Distribución de fallas – Piel de Cocodrilo	71
Figura 14. Distribución de fallas – Hinchamiento	72
Figura 15. Distribución de fallas – Abultamiento y hundimiento	72
Figura 16. Número de fallas según su tipo	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Número mínimo de unidades a evaluar	30
Ecuación 2. Intervalo del número de unidad de muestra	31
Ecuación 3. Número máximo admisible de Valores deducidos	33
Ecuación 4. Índice de Condición de Pavimento de Unidad de Muestra	34
Ecuación 5: PCI de la sección	35
Ecuación 6: PCI de muestra adicional	35
Ecuación 7: PCI de muestra adicional	35
Ecuación 8. Cálculo de Densidad	46

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Inspeccionando el área de trabajo	85
Fotografía 2. Falla N°14 desprendimiento de agregados	85
Fotografía 3. Midiendo la longitud de la muestra.....	86
Fotografía 4. Midiendo el ancho de la muestra	86
Fotografía 5. Midiendo la falla	87
Fotografía 6. Fallas encontradas parcheo, desprendimiento de agregados	87
Fotografía 7. Falla desnivel de berma.....	88
Fotografía 8. Midiendo la falla	88
Fotografía 9. Tomando apuntes de las fallas encontradas.....	89
Fotografía 10. Tomando medidas de la falla desprendimiento de agregados	89
Fotografía 11. Falla desprendimiento de agregados	90
Fotografía 12. Tomando medida de la longitud de la muestra	90
Fotografía 13. Fallas encontradas	91
Fotografía 14. Desprendimiento de agregados, tomando medidas.....	91
Fotografía 15. Tomando la altura de la falla	92
Fotografía 16. Tomando medidas	92
Fotografía 17. Tomando medida de la longitud	93
Fotografía 18. Falla N° 13 huecos	93
Fotografía 19. Fallas encontradas	94
Fotografía 20. Tomando medidas	94
Fotografía 21. Midiendo las fallas	95

RESUMEN

La presente tesis, consiste en dar a conocer las condiciones y las principales causas del estado de conservación del pavimento flexible de la Av. Miraflores, basándose en el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), el cual toma valores de severidad del estado del pavimento que van de 0 (fallado) a 100 (excelente). Para llegar a estos resultados primero se seleccionó las unidades a evaluar, siguiendo con una inspección visual detallada en toda la superficie del pavimento para determinar las fallas existentes, luego se procedió hacer el cálculo del PCI según el método.

La Av. Miraflores en la ciudad de Trujillo consta de dos carriles con un ancho de 7.30m y longitud de 1621m, de las cuales se escogió 16 unidades (con área 229.95 según límite de PCI) para inspeccionar según el cálculo.

Las fallas encontradas con mayor área fueron desprendimiento de agregados y parcheo, la condición del pavimento flexible es muy malo según el PCI ponderado obtenido fue de 22.25.

Las principales causas del estado del pavimento flexible según el método PCI, después del fenómeno del Niño ocurrido en el 2017 fueron una mezcla de pobre calidad, un proceso constructivo deficiente, el ligante asfáltico se ha perdido debido al endurecimiento del asfalto ocasionado por el cambio de temperaturas diario y debido al envejecimiento del asfalto.

Palabras clave: Pavimento flexible, pavimento, PCI, causas, fallas.

ABSTRACT

This thesis consists of presenting the conditions and the main causes of the state of conservation of the flexible pavement of Av. Miraflores, dependent on the PCI method (Pavement Condition Index), which takes severity values from the state of the pavement ranging from 0 (failed) to 100 (excellent). In order to reach these results, the units to be evaluated were first selected, followed by a detailed visual inspection of the entire pavement surface to determine the existing faults, then the PCI was calculated according to the method.

Av. Miraflores in the city of Trujillo consists of two lanes with a width of 7.30m and a length of 1621m, of which 16 units (with an area of 229.95 according to the PCI limit) were chosen to inspect according to the calculation.

The faults found with the largest area were detachment of aggregates and patching, the condition of the flexible pavement is very bad according to the weighted PCI obtained was 22.25.

The main causes of the state of the flexible pavement according to the PCI method, after the El Niño phenomenon that occurred in 2017 were a poor quality mixture, a poor construction process, the asphalt binder has been lost due to the hardening of the asphalt caused by the change of daily temperatures and due to the aging of the asphalt.

Keywords: Flexible pavement, pavement, PCI, causes, failures.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la red vial nacional está compuesta en su mayoría por pavimentos flexibles y el conservar un pavimento en óptimas condiciones para el servicio de la población es cada vez un problema serio para las autoridades, ya que existen fallas o deterioros superficiales en el pavimento. Es de mucha importancia determinar en qué momento de su vida útil un pavimento necesita intervención y poder determinar si es necesario realizar una gestión de mantenimiento en base a la conservación o rehabilitación; dependiendo si las fallas están afectando la condición funcional o estructural del pavimento, por lo que es necesario hacer un seguimiento para poder conocer el estado en el que se encuentran la infraestructura vial.

El periodo de vida útil de un pavimento puede ser afectado por varios factores como su diseño, ejecución, falta de mantenimiento del pavimento, volumen de tránsito, clima, sismos, entre otros. Estos factores provocan que el pavimento falle y presente algunas irregularidades empeorando la situación del pavimento. Son por estos motivos que resulta necesario conocer el estado del pavimento y las causas que lo producen para así poder aplicar diferentes técnicas como rehabilitación y mantenimiento según lo requiera el pavimento (Hiliquín, 2016).

Según Hernández y Torres (2016) La carpeta asfáltica de los pavimentos flexibles sufren deformaciones, ya que son sometidos al paso repetitivo de vehículos pesados, o también se puede dar el caso que los pavimentos son dañados desde el mismo proceso constructivo.

El transporte es muy importante en la economía de las zonas rurales y urbanas, es por ello que la serviciabilidad de las vías ayuda al desarrollo socioeconómico de la población, por este motivo es primordial una adecuada planificación de los proyectos viales que puedan

garantizar la calidad de vida de los habitantes, ya que es muy importante que la región cuente con una red vial eficiente para que pueda haber comunicación con sus diferentes zonas. La serviciabilidad es la responsabilidad del estado superficial y estructural del pavimento (Lozano y Tabares, 2005).

La red vial de un país permite satisfacer necesidades básicas de la población, que tienen relación con algunas actividades económicas ayudando en los sistemas de alimentación, salud, educación y trabajo. Por este motivo es primordial que un país aumente el nivel de su sistema vial puesto que es muy importante para su desarrollo socioeconómico; ya que de lo contrario si el sistema vial no se encuentra en óptimas condiciones las necesidades de sus habitantes generarán mayores costos. En Estados Unidos los habitantes gastan un aproximado de 1000 dólares anuales en reparaciones de sus vehículos por el mal estado de las carreteras Valdez (como se citó en Corwin, 2013).

Según Carrera (2011) en su investigación titulada “Evaluación de pavimento utilizando el método PCI y su aplicación en el paso lateral de Portoviejo desde la vía Portoviejo – Mejía hasta el redondel de Picoazá. Recomendaciones de mejora”, en su investigación utiliza el método PCI para la valoración del estado del pavimento, el cual lleva a cabo una inspección visual detallada en toda la superficie del pavimento y detalla las causas del estado del pavimento.

Según Picado (2016) en su investigación titulada “Desarrollo de curvas de deterioro para la Red Vial Cantonal en pavimentos flexibles”, utiliza el método del índice de condición de pavimento (PCI) guiándose de la norma ASTM – 6433 el cual ayudará a realizar una evaluación de las carreteras de manera que se pueda conocer la condición que se encuentran, utilizando los datos obtenidos en campo y analizando el método y las curvas que generan, muestran el deterioro de las diversas condiciones de la red vial.

Según (Trujillo, 2011) en su investigación titulada “Evaluación de pavimentos aeroportuarios haciendo uso de FWD y el procedimiento PCI, experiencias en el aeropuerto de Quito”, en su trabajo de investigación presenta los principales procedimientos de campo y métodos de análisis que utiliza para verificar la evaluación del estado estructural del pavimento de la pista utilizando el método PCI usando 125 unidades de muestra.

Según (Hernández y Torres, 2016) en su investigación titulada “Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo carretera Pomalca - Av. Victor Raúl Haya de la Torre”, se enfoca en la evaluación superficial y estructural del pavimento, realizó 03 exploraciones a cielo abierto a lo largo de la vía, además de utilizar guías de observación y finalmente propone la construcción de una nueva estructura del pavimento.

Según Vergara (2015) en su investigación titulada “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología del PCI tramo Quichuay - Ingenio del Km 0+000 al km 1+000 2014”, presenta el estudio de la Metodología PCI, de inspección visual que califica el estado del pavimento, el tramo de carretera que fue estudiada a detalle con dicha metodología para calificar el estado de la vía las fallas más perjudiciales, también teniendo el estudio del tramo determina el tipo de mantenimiento y rehabilitación y el menor costo y más eficiente con el que el pavimento lograría un buen estado, para brindar comodidad y seguridad a los usuarios.

Según Hiliquín (2016) en su investigación titulada “Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016”, se basa en demostrar el método del Índice de condición de Pavimentos (PCI) para evaluar el estado del pavimento siguiendo una serie de pasos: primero la selección de las unidades de muestras a inspeccionar, luego pasando por la inspección visual realizado por personal y tomando las medidas de seguridad necesarias para luego

proceder a calcular el PCI haciendo uso de las diferentes curvas por las que se rigen estas falla según este método.

Según Leguía & Pacheco (2016) en su investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y, Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”, tuvo como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías aplicando el método PCI, con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente las vías no habían sido evaluadas; por lo tanto, con la aplicación de la metodología PCI, identificó los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento.

Según Rabanal (2014) en su investigación titulada “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca - 2014”, consiste en emplear el método PCI para la valoración del estado del pavimento de la Vía de Evitamiento Norte en donde éste índice toma valores que oscilan entre 0 (estado del pavimento fallado) hasta 100 (estado excelente), en la inspección lleva a cabo una inspección visual detallada en toda la superficie del pavimento y se recopiló la limitada información existente procedente del proyecto vial ejecutado.

Según Cantuarias y Watanabe (2017) en su investigación titulada “Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada del distrito de Trujillo”, tiene como objetivo obtener un indicador que permita precisar la degradación o condición del pavimento flexible, esto se obtiene realizando la aplicación del Método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible y de acuerdo a sus resultados del estudio selecciona la técnica más adecuada de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción al estado del pavimento flexible.

Utilizando el método Pavement Condition Index (PCI) en la investigación, para determinar la conservación y las causas del estado del pavimento flexible, vale mencionar algunos conceptos básicos:

Pavimento Flexible: Aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa de base granular. La distribución de tensiones formadas en la estructura por las cargas de rueda de tráfico, se proporciona de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de su fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. (Simon, 2004).

Daños Estructurales: Caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las capas del pavimento o simplemente a la capa de la superficie. Las cargas circulantes resultan generalmente de:

- Deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante; si éstas sobrepasan el límite admisible, se observan deformaciones permanentes en el pavimento (hundimiento o ahuellamiento).
- Deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas; si éstas exceden el límite admisible, dichas capas se fisuran en su parte inferior y luego se propagan hasta la superficie y provocan fisuras longitudinales y fisuras de piel de cocodrilo (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

Daños Superficiales: Se originan generalmente por un defecto de construcción, un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular del tráfico. Asimismo, puede ser efecto de deterioros o fallas estructurales (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

Piel cocodrilo: Está formado por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en un principio, poco grave, mostrando polígonos incompletos trazados en la superficie por fisuras cerradas (ancho nulo). El tamaño de la malla disminuye luego

bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Las fisuras se abren y se aprecia pérdidas de material en sus bordes (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

Exudación: Es una película de materia bituminosa en la superficie del pavimento originando una superficie brillante, generalmente se torna bastante pegajosa. (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Fisura de bloque: Son grietas conectadas que dividen el pavimento en forma aproximadamente rectangulares. El rango de tamaños de los bloques es de 0.3m x 0.3m a 3m x 3m. Las fisuras en bloque ocurren normalmente en grandes áreas, pero también aparecerán en áreas sin tráfico. La aparición de fisuras en bloque indica que el asfalto se ha rigidizado significativamente. Este tipo de fallas se diferencian de la de piel de cocodrilo, ya que estas son fragmentos más pequeños y con ángulos agudos, además de que están sometidas a mayor carga de tráfico (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Abultamientos y Hundimientos: Son pequeños desplazamientos hacia arriba ubicados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos son causados por pavimentos inestables (Hiliquín, 2016).

Corrugaciones: Es una serie de elevaciones y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos regulares en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos. Las elevaciones son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por el tránsito, combinado con una carpeta o una base inestables. (Hiliquín, 2016).

Depresiones: Están localizadas en áreas de superficies pavimentadas que tienen elevaciones ligeramente menores que aquellas del pavimento que las rodea. Hay casos, en que las depresiones pequeñas se aprecian cuando llueve (acumulándose agua); también se visualizan a causa de las manchas que deja el agua acumulada. Estas fallas pueden ser causadas por asentamientos del terreno o durante la etapa de construcción. Las depresiones

cuando tienen superficies profundas y se llenan de agua causan desniveles y estos pueden causar hidroplaneo (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Fisura de borde: Este daño es paralelo al tránsito y, generalmente, está a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este fisuramiento se acelera por las cargas de tránsito y también puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas, por falta de compactación y confinamiento de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento o por un drenaje inadecuado. (Hiliquín, 2016).

Fisuras por reflexión de juntas: Ocurren únicamente en pavimentos asfálticos contruidos sobre un pavimento de losas de hormigón (PCC). Esta categoría no incluye fisuras por reflexión, estas se consideran en las fisuras longitudinales y transversales. Estas fallas son causadas principalmente por el movimiento de las losas de hormigón, ante los cambios térmicos y de humedad, sin relacionarse con la carga a la que son sometidos; el tráfico de carga puede causar la rotura del asfalto cerca de las fisuras, resultando en desprendimiento de material (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Desnivel Carril / Berma: Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla corresponde a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma (Hiliquín, 2016).

Fisuras longitudinales y transversales: Las fisuras longitudinales (paralelas a la dirección del tránsito) y transversales (aproximadamente perpendiculares a la dirección del tránsito). Pueden ser causadas por fallas en las fajas constructivas del pavimento, por contracción de la superficie del asfalto por bajas temperaturas o rigidización del asfalto. Estos tipos de fisuras comúnmente, no se producen por una repetición de carga. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, la fisura se dice que tiene desprendimiento de material (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Parcheo: Es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente; se considera un defecto, no importa que tan bien se comporte generalmente un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento (Hiliquín, 2016).

Agregado Pulido: Este daño es causado por las aplicaciones repetitivas del tráfico. Cuando el agregado superficial se torna suave al tacto, la adherencia con las llantas se reduce considerablemente. Cuando el área afectada es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. (Hiliquín, 2016).

Huecos: Conocido también como baches, estas fallas son resultado del desgaste o de la destrucción de la capa de rodadura. Cuando recién aparecen, su tamaño es pequeño y por falta de mantenimiento ellos aumentan y se reproducen en cadena, en muchas ocasiones con una distancia igual al perímetro de una rueda de camión (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

Desprendimiento de Agregados: Es la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado. Este daño indica que, el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Esta falla también puede ser causado por ciertos tipos de tránsito (vehículos de orugas). También se consideran como desprendimiento al ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites (Hiliquín, 2016).

Desplazamiento: Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área limitada en la superficie del pavimento producido por las cargas de tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Este daño generalmente sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland (Hiliquín, 2016).

Grieta parabólica: Grietas que tienen forma de luna creciente, producidas cuando las ruedas frenan o giran inducen al deslizamiento o deformación de la superficie del pavimento, ocurren en una mezcla asfáltica débil con una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente (Hiliquín, 2016).

Hinchamiento: Esta falla está caracterizada por un hinchamiento de la masa en la superficie pavimentada. Un hinchamiento puede ocurrir de forma puntual en un área localizada o en forma de onda gradual en un área mayor. Ambos tipos de hinchamiento pueden estar acompañados por una superficie fisurada. Esta falla causada usualmente por la acción de congelamiento en la subrasante o por hinchamiento de los suelos. (NORMA ASTM D 5340, 2005).

Ahuellamiento: Las deformaciones de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi su totalidad de los casos, por:

- Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas o localizadas.
- El ahuellamiento relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es apuntada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. Esto se refiere a las deformaciones por comportamiento visco-elástico de la capa de rodadura. La huella aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho inferior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido a un comportamiento visco-elástico de las de la capa de rodadura bajo un tráfico pesado y canalizado (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

Cruce de Vía Férrea: Las fallas asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles (Hiliquín, 2016).

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las condiciones del pavimento flexible y sus principales causas después del fenómeno del niño en el año 2017, aplicando el método del índice de condición del pavimento, en la avenida Miraflores - Trujillo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las condiciones del pavimento flexible e identificar sus causas, después del fenómeno del niño en el año 2017, aplicando el método índice de condición del pavimento, en la avenida Miraflores – Trujillo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las fallas del pavimento y su nivel de severidad.
- Calcular el valor del PCI, para determinar la condición del pavimento.
- Identificar las causas de las fallas del pavimento flexible.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La condición del pavimento flexible es muy malo de acuerdo al método Índice de Condición de Pavimento, y su principal causa es una mezcla de pobre calidad del pavimento flexible.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las fallas encontradas en la Avenida Miraflores son huecos, desprendimiento de agregados y parcheo.
- El valor del Índice de Condición de Pavimento del estado del pavimento flexible es malo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito.

La presente investigación es aplicada.

2.1.2. Según el diseño de investigación.

- **Descriptiva:**

Es una investigación que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera. La meta de las investigaciones descriptivas no solo es la recolección de datos, sino describir situaciones y acontecimientos, este estudio busca describir las situaciones, no se interesa por las explicaciones o algunas hipótesis, ni tampoco se encarga de hacer predicciones. Los investigadores no son solo tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de un fenómeno o hecho

- **Correlacional:**

Es correlacional porque la investigación tiene dos variables y estas se correlacionan entre sí, es decir el valor en que las variaciones que sufre un factor se corresponden con las que experimenta el otro.

- **Cualitativa:**

Es cualitativa porque su objetivo es examinar la naturaleza general de los fenómenos, proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero poseen un limitado grado de precisión, porque emplean términos cuyo significado varía para las diferentes personas, épocas y contextos (Van Dalen & Meyer, 1981).

- **No experimental**

Experimental porque se estudia el problema tal y como está en la realidad sin necesidad de hacer uso del laboratorio, y porque no existe manipulación de variables independientes para obtener consecuencias en variables dependientes.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población corresponde a un área de 23 666.60 m² (con 102 tramos), con 3242m lineales y 7.30m de ancho de pavimento flexible que forman parte del pavimento flexible de la Av. Miraflores de la ciudad de Trujillo, desde la intersección con la Av. España y la Av. Federico Villareal

2.2.2. Muestra

La muestra seleccionada para la investigación, georreferenciada en la intersección de la Av. Miraflores con la Av. América Norte tiene las coordenadas: N: 9104597.263, E: 718259.358. La muestra se encuentra en dos tramos de pavimento, que son los 1621 metros lineales de pista correspondiente a cada sentido de vía; en total serían 16 tramos a evaluar (de 229.95 m² cada uno) ya que no se evaluarán los 102 tramos debido a la disposición de tiempo y recursos que el trabajo en campo no se es posible; dentro de ese sistema, por ese motivo se utiliza la ecuación para determinar el número mínimo de unidades de muestra a evaluar. Los tramos serían:

- T1(U1), empieza la progresiva 00+00 hasta la progresiva 00+31.50.
- T102(U2), empieza la progresiva 00+00 hasta la progresiva 00+31.50.
- T8(U3), empieza la progresiva 00+220.50 hasta la progresiva 00+252.
- T95(U4), empieza la progresiva 00+220.50 hasta la progresiva 00+252.

- T15(U5), empieza la progresiva 00+441 hasta la progresiva 00+472.50.
- T88(U6), empieza la progresiva 00+441 hasta la progresiva 00+472.50.
- T22(U7), empieza la progresiva 00+630 hasta la progresiva 00+661.50.
- T81(U8), empieza la progresiva 00+630 hasta la progresiva 00+661.50.
- T29(U9), empieza la progresiva 00+819 hasta la progresiva 00+850.50.
- T74(U10), empieza la progresiva 00+819 hasta la progresiva 00+850.50.
- T36(U11), empieza la progresiva 01+08 hasta la progresiva 01+39.50.
- T67(U12), empieza la progresiva 01+08 hasta la progresiva 01+39.50.
- T43(U13), empieza la progresiva 01+197 hasta la progresiva 01+228.50.
- T39(U14), empieza la progresiva 01+102.50 hasta la progresiva 01+134.
- T50(U15), empieza la progresiva 01+386 hasta la progresiva 01+417.50.
- T32(U16), empieza la progresiva 00+913.50 hasta la progresiva 00+945.

2.2.3. Materiales e instrumentos

Para realizar el trabajo en campo se utilizará

- Hoja de registro de datos.
- Wincha métrica (5m – 50m)
- Regla.
- Plano.
- Chaleco.

2.2.4. Métodos

Él método a utilizar es el Índice de Condición del Pavimento, el cual establece un modo más completo que no requiere de herramientas especializadas para la evaluación y

calificación objetiva del estado actual de los pavimentos basadas en las fallas observadas en su superficie.

Este método se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El método de PCI, evalúa la severidad y para ello considera 19 fallas, las cuales involucran a las fallas más comunes en los pavimentos flexibles:

1. Piel de cocodrilo (m²)
2. Exudación (m²)
3. Fisuras en bloque (m²)
4. Abultamientos y hundimientos (m)
5. Corrugación (m²)
6. Depresión (m²)
7. Fisura de borde (m)
8. Fisura de reflexión de junta (m)
9. Desnivel carril/berma (m)
10. Fisuras longitudinales y transversales (m)
11. Parcheo (m²)
12. Agregado pulido (m²)
13. Huecos (N°)
14. Desprendimiento de agregados (m²)
15. Desplazamiento (m²)
16. Fisura parabólica (m²)

17. Hinchamiento (m2)

18. Ahuellamiento (m2)

19. Cruce de vía férrea (m2)

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas para la recolección de la información de la investigación corresponden a los resultados de un inventario visual del estado en el que se encuentra el pavimento flexible de los diferentes tramos de la Av. Miraflores – Trujillo en el cual se anotarán en una hoja de registro el tipo de falla, severidad (bajo, medio y alto) y cantidad de cada falla presente, esto se hará para cada tramo. El recojo de los datos en campo se realizaron del 25 de septiembre del 2019 al 17 de octubre del 2019.

Después de tener esta hoja de registro con todos los datos establecidos, se procede a la recopilación de datos y plasmarlos en el Excel.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO						
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD: INGENIERÍA		CARRERA: INGENIERÍA CIVIL		
HOJA DE REGISTRO						
MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)						
HOJA DE REGISTRO				NIVEL DE SEVERIDAD:		
PAVIMENTO FLEXIBLE				L = Bajo, M = Medio, H = Alto		
Nombre de la vía:		Fecha:	Progresiva inicial:		Sección:	
Ejecutor:		Código:	Progresiva final:		Área: 229.95 m ²	
1. Piel de cocodrilo	5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento		
2. Exudación	6. Depresión	11. Parches		16. Fisura parabólica		
3. Fisuras en bloque	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido		17. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos	8. Fisura de reflexión de junta	13. Huecos		18. Ahuellamiento		
	9. Desnivel carril/berma	14. Desprendimiento de agregados		19. Cruce de vía férrea		
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
Responsable:				Asesor:		
Nombre:				Nombre:		

Figura 1. Hoja de Registro
Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Se determinó el análisis de datos plasmando los datos obtenidos en campo al Microsoft Excel y mediante las ecuaciones de la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) que nos proporciona ASTM D6433, el cual se basó en el término de “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. Primero se calculó los valores deducidos de acuerdo a la inspección en campo, luego se halló el Número máximo de valores deducidos con fórmulas que nos proporcionó el método y se calculó el máximo valor deducido corregido y finalmente se calculó Índice de Condición del Pavimento de acuerdo al máximo número de valores deducidos.

2.4. Aspectos éticos

Esta investigación descriptiva / no experimental no causará ningún daño al medio ambiente ni a la vida. La investigación se realizó en la Av. Miraflores – Trujillo, todo el transcurso de recolección de información se realizó en campo; y el analizar los resultados fueron realizados en gabinete los mismos que fueron realizados con la ayuda de normas técnicas, la investigación es manejada de manera impecable. Todos los datos son reales y confiables, ya que fueron recolectados en campo y corroborados por el ingeniero asesor.

Todo dato es revisable a través de los estudios que se realizan, por aprobación del docente y la universidad y con el apoyo del código ético del estudiante.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Determinación de unidades de muestra

1° Se determina el cálculo de la longitud para la unidad de muestra para carreteras con capa de rodadura asfáltica se utiliza la tabla siguiente, teniendo en cuenta que el área de la unidad de muestreo debe ser dividida en secciones de áreas que estarán en el rango de

230.0 ± 93.0 m² estas secciones deberán ser el tipo de rodadura con la que está construida la vía.

Ancho de la calzada (m)	Longitud de la und. de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx)	31.50

Figura 2. Longitud para las unidades de muestra
Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

2° Se determina el cálculo mínimo de unidades de muestra, se utiliza la ecuación 1 con este proceso se debe tomar un número aleatorio y representativo de unidades de muestreo con una confiabilidad del 95%.

Ecuación 1. Número mínimo de unidades a evaluar

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

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

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25), ya que es la primera inspección; para las próximas se considerará un σ real del anterior estudiado

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco (n < 5), todas las unidades de muestra deberán evaluarse.

También se tiene en cuenta que se redondea el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

3° Se determina el intervalo de la unidad de muestra, utilizando la ecuación

Ecuación 2. Intervalo del número de unidad de muestra

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

Donde:

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

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

Se tiene en cuenta que el resultado se redondea al próximo número entero menor.

4° Se ubican en el plano las muestras a evaluar, para que al momento de evaluar los tramos en campo sea más fácil el trabajo.

2.5.1.1. Selección de unidades de muestreo adicionales

Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

Cabe mencionar que un inconveniente del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitarlo, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

2.5.2. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Terminando la inspección de campo y el recojo de los datos sobre las fallas existentes, se procedió a evaluar los “valores deducidos” de cada daño de acuerdo con su severidad y la cantidad de fallas evaluadas para así poder calcular el PCI. Este cálculo se dividió en:

2.5.2.1. Cálculo de valores deducidos

Después del trabajo de campo, se recolectó todas las fallas encontradas y se totalizó por daño y severidad en el formato de la hoja de registro, luego se sacó el porcentaje de afectación de la muestra (conocido también como densidad de daño) para cada tipo de daño de severidad baja, media o alta según sea el caso.

Con estos valores porcentuales y con las curvas de “Valor deducido del daño” del se logra obtener el Valor deducido (VD) para cada tipo de daño.

2.5.2.2. Cálculo del máximo valor deducido corregido CDV

Este valor consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2.0 que se denomina “q” (cantidad de datos), luego se determina el Valor deducido total que es la suma de todos los valores individuales y para obtener el valor del CDV se debe recurrir a las gráficas del anexo 7.3, este procedimiento se debe repetir hasta que cada iteración se reduzca a 2.0; el dato de menor valor de los que hayan superado el valor deducido de 2.0 (condición inicial o anterior) que junto al Valor deducido total que no cambiara de valor (siempre será el valor inicial) se debe ingresar a la gráfica y tomar el valor correspondiente de CDV y con la ayuda del formato para la obtención Máximo Valor Deducido Corregido.

Una vez que el valor sea igual a 2 se detendrá la iteración. Una vez obtenidos todos los valores de CDV se tomará el mayor y este será el Máximo valor deducido corregido.

No.	Valores Deducidos										Total	q	V.D.C	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)														

Figura 3. Valor Máximo deducido

Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin 1994

2.5.2.3. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

Existen 2 casos:

- ✓ Caso 1:

Si ninguno o solo uno de los valores deducidos son mayores a 2 se usa el Valor deducido Total y no el Valor deducido corregido (VDC) que se describe en la 2° Etapa.

- ✓ Caso 2:

De no cumplirse el caso 1, se ordena de mayor a menor los valores deducidos y se determina el “Número máximo de valores deducidos” (m) de acuerdo a la ecuación 3 y será el nuevo número de valores deducidos.

Ecuación 3. Número máximo admisible de Valores deducidos

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV_i)$$

Donde:

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

HDV_i : mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

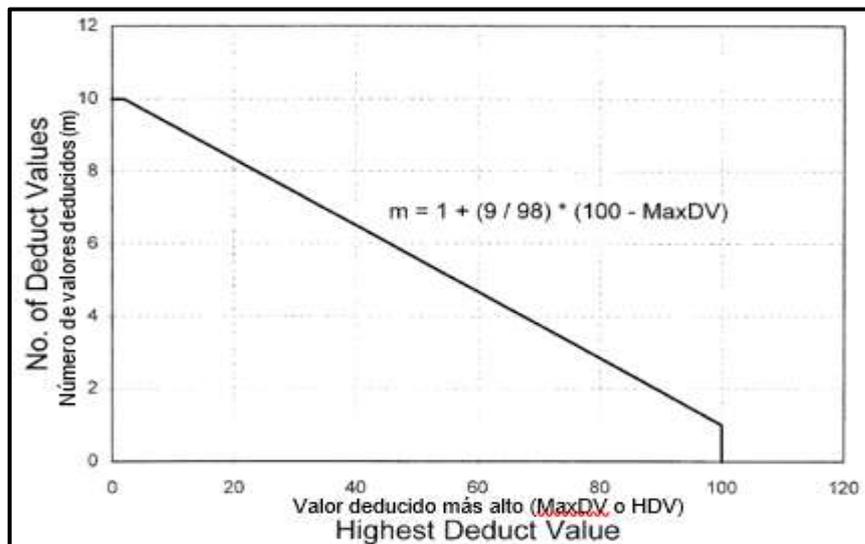


Figura 4. Número máximo admisible de valores deducidos

Fuente: Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys D 6433 – 07

2.5.2.4. Cálculo de PCI

El máximo valor deducido corregido CDV nos permitirá hallar el PCI con la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Índice de Condición de Pavimento de Unidad de Muestra

$$PCI = 100 - \text{máx } CDV$$

Dónde

PCI: Índice de condición de pavimento

Máx. CDV: Máx. VDC = Máximo valor deducido corregido

2.5.2.5. Cálculo de PCI ponderado de la sección del pavimento

Como las unidades de muestreo son escogidas mediante la técnica aleatoria, entonces el PCI de la sección es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas.

Ecuación 5: PCI de la sección

$$PCI \text{ de la sección} = \frac{\sum PCI \text{ de unidades de muestra inspeccionadas}}{N^{\circ} \text{ de unidades de muestra inspeccionadas}}$$

En el caso que existiera unidades de muestra adicionales, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales es calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 6: PCI de muestra adicional

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

El PCI de la sección es calculando:

Ecuación 7: PCI de muestra adicional

$$PCI_s = \frac{PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Dónde:

PCI_a = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

PCI_{ai} = PCI de la unidad de muestra adicional “i”.

A_{ai} = área de la unidad de muestra adicional “i”.

A = área de la sección.

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

PCI_s = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

2.5.2.6. Estado del pavimento

Algunas acciones a tener en cuenta según el valor del PCI calculada para las vías.



Figura 5. Rango de calificaciones del PCI

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

También se tiene el resumen de las acciones a tener en cuenta según el estado del pavimento.

PCI	Estado	Intervención
0-30	Malo	Reconstrucción
31-70	Regular	Rehabilitación
71-100	Bueno	Mantenimiento

Figura 6. Intervenciones según PCI

Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin 1994

2.5.2.7. Niveles de severidad según la falla

1. Piel de cocodrilo

L (Low: Bajo): Grietas finas y longitudinales que se encuentran en forma paralela con pocas o ninguna conectadas estas grietas no están descascaradas.

M (Medium: Medio): No presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta es decir pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Grietas que han aumentado de tal forma que los pedazos están definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse por el tránsito.

2. Exudación

L: Ocurre solamente en un nivel muy leve y es detectable únicamente durante unos pocos días en el año: el asfalto no se pega a los vehículos ni zapatos.

M: Ocurre únicamente durante unas pocas semanas del año, hasta el punto que el asfalto se pega a los zapatos y vehículos.

H: Ocurre en forma amplia y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

3. Fisuras en bloque

L, M, H: Se definen a las fisuras según su severidad (baja, media y alta).

4. Abultamientos y hundimientos

L, M, H: Se definen de acuerdo a la calidad de tránsito (baja, media y alta).

5. Corrugación

L, M, H: Se producen según la calidad de tránsito y según su severidad (baja, media y alta).

6. Depresión

El nivel de severidad se puede definir según la profundidad que alcanza:

L: 13.0 a 25.0mm.

M: 25.0 a 51.0mm.

H: Más de 51.0 mm.

7. Fisura de borde

L: Existe agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Existe grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Existe considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

8. Fisura de reflexión de junta

L: Cumple con una de las condiciones:

1) Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm.

2) Fisura rellena de cualquier ancho.

M: Cumple con una de las condiciones:

- 1) Fisura sin relleno con ancho entre 10 y 76mm.
- 2) Fisura sin relleno con un ancho hasta 76 mm rodeada de un ligero agrietamiento.
- 3) Fisura rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento.

H: Cumple con una de las condiciones:

- 1) Fisura rellena o no, rodeada de un agrietamiento de media o alta severidad.
- 2) Fisura sin relleno de más de 76mm.
- 3) Fisura de cualquier ancho en la cual unos pocos centímetros del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

9. Desnivel carril/berma

L: La diferencia de elevación entre la berma y el borde del pavimento están entre 25 y 51mm.

M: La diferencia de elevación están entre 51 y 102mm.

H: La diferencia es mayor a 102mm.

10. Fisuras longitudinales y transversales

L: Cumple con una de las siguientes condiciones:

- 1) Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm.
- 2) Fisura rellena de cualquier ancho.

M: Cumple con una de las siguientes condiciones:

- 1) Fisura sin relleno de ancho entre 10 y 76mm.
- 2) Fisura sin relleno de un ancho hasta 7mm, rodeada de fisuras pequeñas.
- 3) Fisura rellena de cualquier ancho, rodeada de fisuras pequeñas.

H: Cumple con una de las siguientes condiciones:

- 1) Fisura rellena o no, rodeada de fisuras pequeñas de severidad media o alta.

2) Fisura sin relleno de más de 76mm de ancho.

3) Fisura de cualquier ancho en la cual unos pocos centímetros del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

11. Parcheo

L: La calidad del tránsito se considera como severidad baja. El parche está en buena condición y es satisfactorio.

M: Está moderadamente deteriorado. La calidad del tránsito se considera como severidad media.

H: Está muy deteriorado. La calidad del tránsito se califica como alta severidad.

12. Agregado pulido

No se detalla ningún nivel de severidad. Pero esta falla deberá ser considerable para que contabilizado como defecto.

13. Huecos

El nivel de severidad para los huecos con diámetro mayor que 762mm, se medirá el área en m² y se dividirá entre 0.47m² para encontrar el número de huecos equivalentes; si su profundidad es menor o igual que 25mm la severidad se considera como media y si es mayor que 25mm, se considera como severidad alta. Si el diámetro es menor que 762mm se miden por profundidad, según la tabla.

Prof. Máx. del Hueco	Diámetro medio (mm)		
	102-203 mm	203-457 mm	457-762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 a mm	M	M	H

Figura 7. Niveles de severidad de Huecos

Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y.Shahin 1994

14. Desprendimiento de agregados

L: Comienza a perderse los agregados o el ligante, en ciertas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. Si hubiera derramamiento de aceite, se ve la mancha, pero la superficie es dura y no puede penetrarse.

M: Se pierden los agregados. La textura de la superficie es discretamente rugosa y ahuecada. Si hubiera derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse.

H: Se pierden considerablemente los agregados o el ligante. La textura de la superficie es severamente ahuecada y muy rugosa, las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10 mm y profundidades menores que 13 mm; si las áreas son mayores se consideran huecos. Si hubiera derramamiento de aceite, el ligante asfáltico perdió su efecto ligante y el agregado está suelto.

15. Desplazamiento

L, M, H: Se definen de acuerdo a la calidad de tránsito (baja, media y alta).

16. Fisura parabólica

L: Con un ancho en la fisura menor que 10mm.

M: Un ancho de la fisura entre 10 mm y 38 mm y/o el área alrededor de la fisura está fragmentada en pequeños pedazos.

H: Un ancho de la fisura mayor que 38 mm y/o el área alrededor de la fisura está fragmentada en pedazos fácilmente removibles.

17. Hinchamiento

L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. Este nivel no siempre es fácil de ver, pero se puede detectar conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento y si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

18. Ahuellamiento

Se mide por su profundidad:

L: Entre 6 a 13mm.

M: Entre 13 a 25mm.

H: Mayor a 25mm.

19. Cruce de vía férrea

L, M, H: Se definen de acuerdo a la calidad de tránsito (baja, media y alta).

2.5.2.8. Causas de las fallas

1. Piel de cocodrilo

- Falla por fatiga, en la carpeta asfáltica por la acción repetitiva de cargas vehiculares.

2. Exudación

- Exceso de cemento asfáltico o alquitrán en la mezcla, en temperaturas altas el asfalto asciende a la superficie.
- Bajo contenido de vacíos de aire, ya que el asfalto llena estos vacíos en la mezcla durante temperaturas elevadas y luego se difunde hacia la superficie y como el proceso de exudación no es reversible durante temperaturas bajas.

3. Fisuras en bloque

- Principalmente por la contracción del concreto asfáltico.
- Cambios de la temperatura climáticos.

4. Abultamientos y hundimientos

- Infiltración de material en una fisura agravada por el tránsito vehicular.
- Infiltración de agua, causado por un hueco en las subcapas del pavimento.
- Pavimentos inestables.

5. Corrugación

- Acción repetitiva del tránsito combinado con una carpeta asfáltica o base inestables

6. Depresión

- Asentamiento de la subrasante.
- Construcción incorrecta.

7. Fisura de borde

- Debilitamiento producido por cambios climáticos.
- Falta de compactación y confinamiento de la base o subrasante cercanas al borde del pavimento.
- Esta falla se acelera por las cargas del tránsito.
- También se da por un drenaje inadecuado.

8. Fisura de reflexión de junta

- Principalmente por el movimiento de la losa de concreto provocado por la temperatura o humedad.

9. Desnivel carril/berma

- Erosión de la berma.
- Asentamiento de la berma.
- La colocación de las sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de berma.

10. Fisuras longitudinales y transversales

- Contracción de la superficie, debido a las bajas temperaturas.
- Endurecimiento del asfalto debido al ciclo diario de temperatura.

- Una junta pobremente construida.
- Rigidizarían de la mezcla, debido al envejecimiento del asfalto.

11. Parcheo

- Procesos constructivos deficientes.
- Deficiencia en las juntas.

12. Agregado pulido

- Repetición de las cargas de tránsito.

13. Huecos

- Originados cuando los vehículos desprenden partes del material de la carpeta asfáltica, debido a mezclas pobres en la superficie, subrasante o base.

14. Desprendimiento de agregados

- Mezclas de pobre calidad.
- El ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable.
- Causado por cierto tipo de tránsito (tipo oruga).

15. Desplazamiento

- Producido por las cargas del tránsito.
- Deformación por empuje, cuando el tránsito empuja contra el pavimento.
- Mezclas de asfalto líquido inestable.

16. Fisura parabólica

- Se producen por el frenado o cuando los vehículos giran se produce la deformación y deslizamiento de la superficie
- Mezclas asfálticas de baja resistencia.
- Una liga pobre entre la superficie y la siguiente capa.

17. Hinchamiento

- Causado por el congelamiento en la subrasante

- Suelos potencialmente expansivos.

18. Ahuellamiento

- Originada por las cargas del tránsito que deforman permanente en cualquiera de las capas del pavimento.
- Producida por el movimiento lateral de los materiales causado por el tránsito.

2.5.2.9. Cálculo del PCI en la Av. Miraflores

Para el cálculo de ancho de la calzada de la Av. Miraflores utilizaremos una longitud de 31.50m (según la tabla 1) ya que el ancho de la calzada es de 7.30m

El cálculo mínimo de unidades de muestra será:

$$n = \frac{102 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (102 - 1) + 5^2}$$

$$n = 15.54 \cong 16$$

El número de intervalos para la muestra será:

$$i = \frac{102}{16}$$

$$i = 6.375 \cong 6$$

Se ubican en el plano las muestras a evaluar:

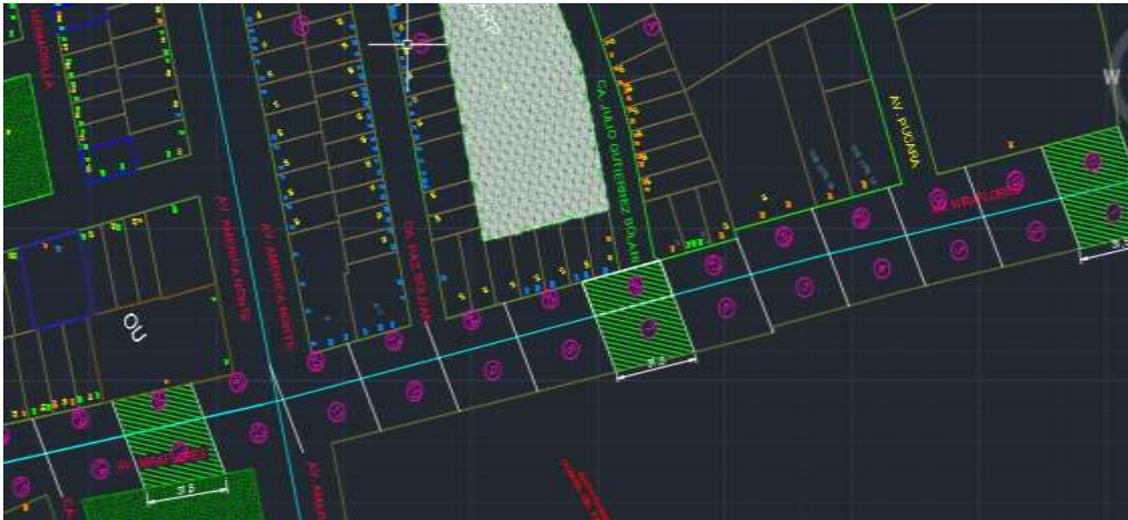


Figura 8. Muestras a evaluar

Fuente: Elaboración propia

Inspección de las unidades de muestra y cálculo del PCI

En la inspección se muestran las fallas existentes en las unidades de muestreo las cuales tienen 299.95 m² pertenecientes a la Av. Miraflores.

➤ Unidad 1

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²).

También, se encuentra ahuellamiento sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

Tabla 1

Hoja de Registro de la Unidad 1

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m2	H	1.04+0.60+0.53+0.85+3.90+2.88 +0.08+0.64+0.48+0.62+1.05+1.2 9+0.20+1.02+5.88	21.05	9.15	40
14	m2	M	0.3	0.30	0.13	5
18	m2	M	0.53+0.12	0.65	0.28	8.5

- Cálculo de la Densidad

Ecuación 8. Cálculo de Densidad

$$Densidad = \frac{\text{Área total del daño} \times 100}{\text{Área de la muestra}}$$

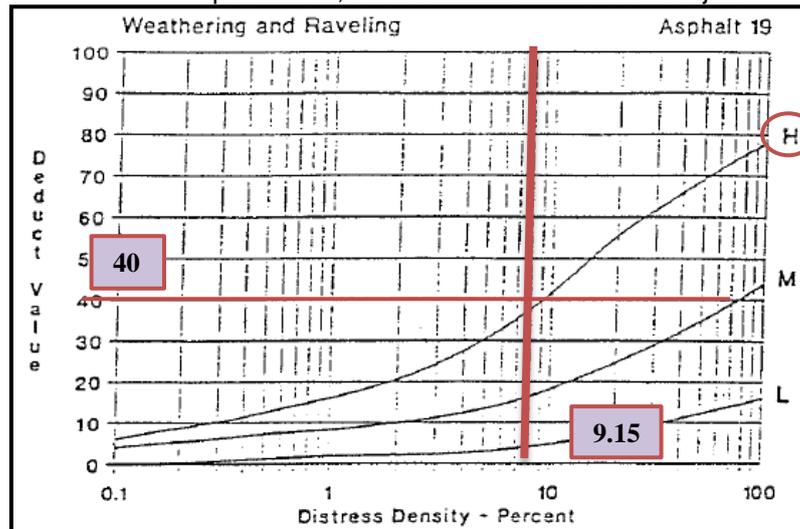
$$Densidad = \frac{21.05 \times 100}{299.95}$$

$$Densidad = 9.15$$

- Cálculo del Valor Deducido VD

El nivel de severidad de cada falla es muy importante, ya que con ese valor podemos elegir la curva correcta.

Para este caso la densidad es de 9.15 y el nivel de severidad es alto H, entonces el valor deducido será un valor de 48.



Luego de este procedimiento se calcula el Valor deducido Total, pero como todos los valores deducidos son mayores de 2.0, entonces se ordena de mayor a menor los VD, y así se determina el “Número máximo de valores deducidos” (m) para finalmente poder hallar el Valor deducido corregido.

$$\text{Número máximo de valores deducibles} = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV_i)$$

$$HDV_i = 48$$

$$\text{Número máximo de valores deducibles} = 6.51 \leq 10$$

Para el séptimo Valor descendiente se tomará el 51%, pero como solo hubo 3 valores deducidos, utilicé los 3.

Se realizó la iteración con los valores mayores a 2.0, y se halló $q = 3$, se calculó el Valor deducido total que resulta de sumar todos los valores y con apoyo de la gráfica obtuvo el valor del CDV o VDC (Valor Deducido Corregido). Así se repitió el procedimiento en cada iteración y se redujo a 2.0.

Tabla 2

Valores deducidos de la sección 1

No.	Valores Deducidos			Total	q	V.D.C
1	40	8.5	5	53.50	3	33
2	40	8.5	2	50.50	2	38
3	40	2	2	44.00	1	44
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)						115

Una vez que se obtuvo todos los valores de CDV se tomó el mayor valor y este se tomó como el Máximo valor deducido corregido (Max. V.D.C.).

Y por último con el Max V.D.C., se procedió a hallar PCI de la unidad de muestra.

- Cálculo del PCI

$$PCI = 100 - \text{máx } CDV$$

$$PCI = 100 - 40$$

$$PCI = 60 \quad \rightarrow \text{BUENO}$$

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Inspección de las unidades

En la inspección se muestran las fallas existentes en las unidades de muestreo (16 unidades a evaluar) las cuales tienen 229.95 m² pertenecientes a la Avenida Miraflores.

➤ Unidad 1

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²).

También, se encuentra ahuellamiento sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+00

- Progresiva Final: 00+31.50

Tabla 3
Hoja de Registro de la Unidad 1

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	1.04+0.60+0.53+0.85+3.90+2.88+0.08+0.64+0.48+0.62+1.05+1.29+0.20+1.02+5.88	21.05	9.15	40
14	m ²	M	0.3	0.30	0.13	5
18	m ²	M	0.53+0.12	0.65	0.28	8.5

Tabla 4
Valores deducidos de la sección 1

No.	Valores Deducidos		Total	q	V.D.C
1	40	8.5	5	53.50	33
2	40	8.5	2	50.50	38
3	40	2	2	44.00	44

- Máximo de Valor Deducido: 44
- PCI: 56
- Estado: **BUENO**

➤ Unidad 2

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 17 hinchamiento con un área de 12.18 m².

Se encuentran huecos de media severidad que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran parches sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+00

- Progresiva Final: 00+31.50

Tabla 5
Hoja de Registro de la Unidad 2

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	0.62+9.90+2.48	13.00	5.65	32
14	m ²	M	0.42	0.42	0.18	5
11	m ²	M	2.67	2.67	1.16	12
13	N°	H	3.00	3.00	1.42	58
17	m ²	M	12.18	12.18	5.30	28

Tabla 6
Valores deducidos de la sección 2

No.	Valores Deducidos					Total	q	V.D.C	
1	58	32	28	12	4.3	-	134.30	5	70
2	58	32	28	12	2		132.00	4	75

3	58	32	28	2	2	122.00	3	82
4	58	32	2	2	2	96.00	2	96
5	58	2	2	2	2	66.00	1	66
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)								96

- Máximo de Valor Deducido: 96

- PCI: 4

- Estado: **FALLADO**

► Unidad 3

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla N°1 Piel de cocodrilo con un área de 14.41 m².

También, se encuentran huecos sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+220.50

- Progresiva Final: 00+252

Tabla 7
Hoja de Registro de la Unidad 3

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
1	m2	M	1.21+0.60+5.20+1.810	8.81	3.83	35
14	m2	H	1.36+3.50+0.39+6.00+0.36+2.80	14.41	6.27	34
13	N°	M	2.00	2.00	0.87	19

Tabla 8
Valores deducidos de la sección 3

No.	Valores Deducidos			Total	q	V.D.C
1	35	34	19	88.00	3	56
2	35	34	2	71.00	2	51
3	35	2	2	39.00	1	39
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)						56

- Máximo de Valor Deducido: 56
- PCI: 44
- Estado: **REGULAR**

➤ Unidad 4

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 10 fisuras longitudinales y transversales con un área de 7.16 m².

También, se encuentran huecos sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+220.50
- Progresiva Final: 00+252

Tabla 9
Hoja de Registro de la Unidad 4

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	M	19.50+1.19+6.00+0.50	27.19	11.82	20
10	m	M	2.76+2.70+1.70	7.16	3.11	27
13	N°	M	2.00	2.00	0.87	19

Tabla 10
Valores deducidos de la sección 4

No.	Valores Deducidos		Total	q	V.D.C	
1	27	20	19	66.00	3	49
2	27	20	2	49.00	2	36
3	27	2	2	31.00	1	31
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)						49

- Máximo de Valor Deducido: 49

- PCI: 51
- Estado: **REGULAR**

➤ Unidad 5

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es la falla numero 11 parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la falla número 10 fisuras longitudinales y transversales con un área de 11.70m².

También, se encuentran huecos de media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+441
- Progresiva Final: 00+472.50

Tabla 11
Hoja de Registro de la Unidad 5

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	1.20+0.38	1.58	0.68	14
13	N°	M	3.00	3.00	1.30	35
10	m	M	2.10+3.10+3.00+3.50	11.70	5.09	23
11	m ²	M	15	15.00	6.52	26

Tabla 12
Valores deducidos de la sección 5

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	35	26	23	14	98.00	4	56
2	35	26	23	2	86.00	3	55
3	35	26	2	2	65.00	2	48
4	35	2	2	2	41.00	1	41
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							56

- Máximo de Valor Deducido: 56

- PCI: 44
- Estado: **REGULAR**

➤ Unidad 6

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el de parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 14 desprendimiento de agregados con un área de 21.30 m².

Se encuentran huecos de media y alta severidad que contribuyen también al daño sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+441
- Progresiva Final: 00+472.50

Tabla 13
Hoja de Registro de la Unidad 6

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m2	H	25.74	25.74	11.19	56
14	m2	H	21.3	21.30	9.26	40
13	N°	M	3.00	3.00	1.30	55
13	N°	H	2.00	2.00	0.87	49

Tabla 14
Valores deducidos de la sección 6

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	56	55	49	40	200.00	4	98
2	56	55	49	2	162.00	3	94
3	56	55	2	2	115.00	2	78
4	56	2	2	2	62.00	1	62
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							98

- Máximo de Valor Deducido: 98
- PCI: 2

- Estado: **FALLADO**

➤ **Unidad 7**

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la misma falla, pero de alta severidad con un área de 61.00 m².

Se encuentran parcheo de alta severidad que contribuye también al daño de la pista con un área de 29.20 m².

También, se encuentran huecos sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+630

- Progresiva Final: 00+661.50

Tabla 15
Hoja de Registro de la Unidad 7

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	M	2.07+0.06+80.00	82.13	35.71	30
14	m ²	H	61.00	61.00	26.53	72
11	m ²	H	26.40+1.40+1.40	29.20	12.70	57
13	N°	M	6.00	6.00	2.61	48

Tabla 16
Valores deducidos de la sección 7

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	72	57	48	17	194.00	4	97
2	72	57	48	2	179.00	3	99
3	72	57	2	2	133.00	2	88
4	72	2	2	2	78.00	1	78
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							99

- Máximo de Valor Deducido: 99

- PCI: 1
- Estado: **FALLADO**

➤ Unidad 8

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 10 fisuras longitudinales y transversales con un área de 6.30 m².

Se encuentran huecos de alta y media severidad que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran desprendimiento de agregados de alta y baja severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+630
- Progresiva Final: 00+661.50

Tabla 17
Hoja de Registro de la Unidad 8

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
13	N°	H	6.00	6.00	2.61	72
13	N°	M	6.00	6.00	2.61	50
14	m ²	H	2.70	2.70	1.17	20
14	m ²	L	4.90	4.90	2.13	2
11	m ²	H	26.40	26.40	11.48	54
10	m	H	4.5+1.8	6.30	2.74	32

Tabla 18
Valores deducidos de la sección 8

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	72	54	50	18.24	194.24	4	97
2	72	54	50	2	178.00	3	98
3	72	54	2	2	130.00	2	86
4	72	2	2	2	78.00	1	78

Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)

98

- Máximo de Valor Deducido: 98
- PCI: 2
- Estado: **FALLADO**

➤ **Unidad 9**

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 14 desprendimiento de agregados de alta y baja severidad con un área de 13.01 m².

Se encuentran fisuras transversales y longitudinales que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran huecos de baja severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

Progresiva Inicial: 00+819

- Progresiva Final: 00+850.50

Tabla 19
Hoja de Registro de la Unidad 9

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	0.08+0.94+9.00	10.01	4.35	29
14	m ²	L	3.00	3.00	1.30	2
13	N°	L	1.00	1.00	0.43	10
11	m ²	H	33.00+1.54+1.54	36.08	15.69	60
10	m	M	3.5+.15	3.65	1.59	12

Tabla 20
Valores deducidos de la sección 9

No.	Valores Deducidos					Total	q	V.D.C
1	60	29	12	10	1.34	112.34	5	63

2	60	29	12	10	2	113.00	4	64
3	60	29	12	2	2	105.00	3	66
4	60	29	2	2	2	95.00	2	68
5	60	2	2	2	2	68.00	1	68
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)								68

- Máximo de Valor Deducido: 68
- PCI: 32
- Estado: **MALO**

➤ Unidad 10

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el de parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 14 desprendimiento de agregados con un área de 9.52 m².

Se encuentran piel de cocodrilo de leve severidad que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran huecos de alta y media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+819

- Progresiva Final: 00+850.50

Tabla 21
Hoja de Registro de la Unidad 10

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
1	m2	L	2.20+1.20	3.40	1.48	13
14	m2	H	2.20+1.20+1.12+5.00	9.52	4.14	30
11	m2	H	26.40	26.40	11.48	53
13	N	H	2.00	2.00	0.87	50

13	N	M	3.00	3.00	1.30	36
----	---	---	------	------	------	----

Tabla 22

Valores deducidos de la sección 10

No.	Valores Deducidos					Total	q	V.D.C
1	53	50	36	30	13	182.00	5	89
2	53	50	36	30	2	171.00	4	92
2	53	50	36	2	2	143.00	3	85
2	53	50	2	2	2	109.00	2	76
2	53	2	2	2	2	61.00	1	61
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)								92

- Máximo de Valor Deducido: 92
- PCI: 8
- Estado: **FALLADO**

► Unidad 11

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el de desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada (299.95 m²), seguida de la falla número 11 parcheo con un área de 28.05 m².

Se encuentran desprendimiento de agregado de media severidad que contribuyen también al daño de la pista, existe también desnivel de carril de berma.

También, se encuentran huecos de alta y media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios. Progresiva Inicial: 01+08

- Progresiva Final: 01+39.50

Tabla 23

Hoja de Registro de la Unidad 11

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
9	m	L	1.10+2.10+4.10	7.30	3.17	2

14	m2	H	9.90+7.20+4.50+23.00	44.60	19.40	52
14	m2	M	26.00	26.00	11.31	20
11	m2	H	28.05	28.05	12.20	55
13	N°	H	4.00	4.00	1.74	65
13	N°	M	1.00	1.00	0.43	18

Tabla 24

Valores deducidos de la sección 11

No.	Valores Deducidos					Total	q	V.D.C
1	65	55	52	20	3.78	195.78	5	93
2	65	55	52	20	2	194.00	4	98
3	65	55	52	2	2	176.00	3	98
4	65	55	2	2	2	126.00	2	84
5	65	2	2	2	2	73.00	1	73
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)								98

- Máximo de Valor Deducido: 98
- PCI: 2
- Estado: **FALLADO**

➤ **Unidad 12**

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la falla número 11 parches con un área de 33.00m².

También, se encuentran piel de cocodrilo de media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 01+08
- Progresiva Final: 01+39.50

Tabla 25

Hoja de Registro de la Unidad 12

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad
-------	-----	-----------	----------	-------	----------

							Valor Deducido (V.D)
11	m2	H	33.00	33.00	14.35		59
14	m2	H	32.30+9.50+6.80+8.50+8.32	65.42	28.45		60
1	m2	M	0.73+0.08+0.35+2.28	3.43	1.49		25

Tabla 26

Valores deducidos de la sección 12

No.	Valores Deducidos			Total	q	V.D.C
1	60	59	25	144.00	3	86
2	60	59	2	121.00	2	82
3	60	2	2	64.00	1	64
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)						86

- Máximo de Valor Deducido: 86
- PCI: 14
- Estado: **MUY MALO**

➤ **Unidad 13**

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el desprendimiento de agregados, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la falla número 11 parches con un área de 28.05m².

Se encuentran fisuras transversales y longitudinales que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran huecos de media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 01+197
- Progresiva Final: 01+228.50

Tabla 27

Hoja de Registro de la Unidad 13

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m2	H	28.05	28.05	12.20	55
14	m2	H	14.56+9.50+2.88+0.08+0.64+0.48	28.14	12.24	45
10	m	M	2.10+1.80+0.60+0.35	4.85	2.11	15
13	Nº	M	2.00	2.00	0.87	29

Tabla 28

Valores deducidos de la sección 13

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	55	45	29	15	144.00	4	86
2	55	45	29	2	131.00	3	79
3	55	45	2	2	104.00	2	73
4	55	2	2	2	61.00	1	61
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							86

- Máximo de Valor Deducido: 86
- PCI: 14
- Estado: **MUY MALO**

➤ Unidad 14

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la falla número 14 desprendimiento de agregados con un área de 11.98m².

También, se encuentran piel de cocodrilo de media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 01+102.50
- Progresiva Final: 01+134

Tabla 29

Hoja de Registro de la Unidad 14

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m2	H	33.00	33.00	14.35	59
14	m2	H	7.01+1.76+2.14+0.50+0.56	11.98	5.21	31
1	m2	M	0.05+0.48+0.02	0.55	0.24	11

Tabla 30
Valores deducidos de la sección 14

No.	Valores Deducidos			Total	q	V.D.C
1	59	31	11	101.00	3	64
2	59	31	2	92.00	2	67
3	59	2	2	63.00	1	63
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)						67

- Máximo de Valor Deducido: 67
- PCI: 33
- Estado: **MALO**

➤ Unidad 15

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es el parcheo, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la falla número 14 desprendimiento de agregados con un área de 10.96 m².

Se encuentran abultamientos y hundimientos con una longitud de 10.00 m que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran piel de cocodrilo de media severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 01+386
- Progresiva Final: 01+417.50

Tabla 31

Hoja de Registro de la Unidad 15

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m2	H	33.00	33.00	14.35	59
1	m2	M	0.18+0.18+0.47+0.20	1.03	0.45	15
4	m	M	10.00	10.00	4.35	50
14	m2	H	10.40+0.56	10.96	4.77	30

Tabla 32

Valores deducidos de la sección 15

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	59	50	30	15	154.00	4	85
2	59	50	30	2	141.00	3	84
3	59	50	2	2	113.00	2	78
4	59	2	2	2	65.00	1	65
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							85

- Máximo de Valor Deducido: 85
- PCI: 15
- Estado: **MUY MALO**

➤ **Unidad 16**

La falla más predominante en el deterioro del estado del pavimento de esta unidad es la falla número 10 fisuras longitudinales y transversales, ya que está en gran parte de la superficie analizada, seguida de la parcheo con un área de 5.11 m².

Se encuentran huecos de media severidad que contribuyen también al daño de la pista

También, se encuentran desprendimiento de agregados de alta severidad sus áreas son pequeñas comparada al área de estudio, pero igual suman al daño de la vía y a su vez causan molestias a los usuarios.

- Progresiva Inicial: 00+913.50
- Progresiva Final: 00+945

Tabla 33
Hoja de Registro de la Unidad 16

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
13	N°	M	4.00	4.00	1.74	41
11	m2	H	5.11	5.11	2.22	27
10	m	M	0.35+5.00+1.30	6.65	2.89	28
14	m2	H	1.40+1.05+1.29+0.20	3.94	1.71	20

Tabla 34
Valores deducidos de la sección 16

No.	Valores Deducidos				Total	q	V.D.C
1	41	27	28	20	116.00	4	66
2	41	27	28	2	98.00	3	62
3	41	27	2	2	72.00	2	52
4	41	2	2	2	47.00	1	47
Máximo Valor Deducido Corregido (Max V.D.C)							66

- Máximo de Valor Deducido: 66
- PCI: 34
- Estado: **MALO**

3.1. Cálculo del PCI para toda la sección

Ya que se utilizó la técnica de muestreo y la selección de las unidades se realizó de forma aleatoria, donde tampoco existieron muestras adicionales, el PCI de la sección de pavimento se tomó como el promedio de los PCI calculados de cada unidad de muestreo, con ayuda de la ecuación encontramos el PCI ponderado.

Tabla 35
PCI de la sección 1

Unidad de muestra	Progresiva		PCI Unidad de muestra	Estado
	Inicial	Final		
U1	00+00	00+31.50	56	Bueno
U3	00+220.50	00+252	44	Regular
U5	00+441	00+472.50	44	Regular
U7	00+630	00+661.50	1	Fallado
U9	00+819	00+850.50	32	Malo
U11	01+08	01+39.50	2	Fallado
U13	01+197	01+228.50	14	Muy malo
U15	01+386	01+417.50	15	Muy malo

Tabla 36
PCI de la sección 2

Unidad de muestra	Progresiva		PCI Unidad de muestra	Estado
	Inicial	Final		
U2	00+00	00+31.50	4	Fallado
U4	00+220.50	00+252	51	Regular
U6	00+441	00+472.50	2	Fallado
U8	00+630	00+661.50	2	Fallado
U10	00+819	00+850.50	8	Fallado
U12	01+08	01+39.50	14	Muy malo
U14	01+197	01+228.50	33	Malo
U16	01+386	01+417.50	34	Malo

PCI de la sección 1: **26.63 MALO**

PCI de la sección 2: **18.50 MUY MALO**

3.2. Interpretación de resultados

3.2.1. Fallas existentes en la Avenida

Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la Avenida Miraflores. Se inspecciono un total de 16 unidades de muestra por el método aleatorio (8 por sección) obteniendo los siguientes resultados de las fallas encontradas.

Tabla 37

Resumen de los datos de las fallas en la Av. Miraflores

Unidad de muestra	Progresivas	Fallas	Severidad	Cantidad	Und
U1	00+00	14.Desprendimiento de agregados	Alto	21.50	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Medio	0.30	m2
	00+31.50	18.Ahuellamiento	Medio	0.65	m2
U2	00+00	14.Desprendimiento de agregados	Alto	13.00	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Medio	0.42	m2
	00+31.50	11. Parches	Medio	2.67	m2
		13. Huecos	Alto	3.00	N°
U3	00+220.50	17. Hinchamiento	Medio	12.18	m2
		1. Piel de cocodrilo	Medio	8.81	m2
U4	00+252	14.Desprendimiento de agregados	Alto	14.41	m2
		13. Huecos	Medio	3.00	N°
U5	00+220.50	14.Desprendimiento de agregados	Medio	27.19	m2
		10.Fisuras longitudinales y transversales	Medio	7.16	m
	00+252	13. Huecos	Medio	2.00	N°
U6	00+441	14.Desprendimiento de agregados	Alto	1.58	m2
		13. Huecos	Medio	3.00	N°
	00+472.50	10.Fisuras longitudinales y transversales	Medio	11.70	m
11. Parches		Medio	15.00	m2	
U7	00+442	11. Parches	Alto	25.74	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Alto	21.30	m2
	00+472.51	13. Huecos	Medio	3.00	N°
		13. Huecos	Alto	2.00	N°
U7	00+630	14.Desprendimiento de agregados	Medio	82.13	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Alto	61.00	m2
	00+661.50	11. Parches	Alto	29.20	m2
		13. Huecos	Medio	6.00	N°
00+630	13. Huecos	Alto	6.00	N°	

U8	00+661.50	13. Huecos	Medio	6.00	N°
		14.Desprendimiento de agregados	Alto	2.70	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Leve	4.90	m2
		11. Parches	Alto	26.40	m2
		10.Fisuras longitudinales y transversales	Alto	6.30	m
U9	00+819	14.Desprendimiento de agregados	Alto	10.01	m2
	00+850.50	14.Desprendimiento de agregados	Leve	3.00	m2
		13. Huecos	Leve	1.00	N°
		11. Parches	Alto	36.08	m2
		10.Fisuras longitudinales y transversales	Medio	3.65	m
U10	00+819	1. Piel de cocodrilo	Leve	3.40	m2
	00+850.50	14.Desprendimiento de agregados	Alto	9.52	m2
		11. Parches	Alto	26.40	m2
		13. Huecos	Alto	2.00	N°
		13. Huecos	Medio	3.00	N°
U11	01+08	9. Desnivel carril/berma	Leve	7.30	m
	01+39.50	14.Desprendimiento de agregados	Alto	44.60	m2
		14.Desprendimiento de agregados	Medio	26.00	m2
		11. Parches	Alto	28.05	m2
		13. Huecos	Alto	4.00	N°
U12	01+08	11. Parches	Alto	33.00	m2
	01+39.50	14.Desprendimiento de agregados	Alto	65.42	m2
		1. Piel de cocodrilo	Medio	3.43	m2
U13	01+197	11. Parches	Alto	28.05	m2
	01+228.50	14.Desprendimiento de agregados	Alto	28.14	m2
		10.Fisuras longitudinales y transversales	Medio	4.85	m
		13. Huecos	Medio	2.00	N°
U14	01+197	11. Parches	Alto	33.00	m2
	01+228.50	14.Desprendimiento de agregados	Alto	11.98	m2
		1. Piel de cocodrilo	Medio	0.55	m2
U15	01+386	11. Parches	Alto	33.00	m2
	01+417.50	1. Piel de cocodrilo	Medio	1.03	m2
		4. Abultamiento y hundimientos	Medio	10.00	m
		14.Desprendimiento de agregados	Alto	10.96	m2
U16	01+386	13. Huecos	Medio	4.00	N°
	01+417.50	11. Parches	Alto	5.11	m2
		10.Fisuras longitudinales y transversales	Medio	6.65	m
		14.Desprendimiento de agregados	Alto	3.94	m2

La evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Miraflores estudiadas a las 16 unidades, tienen los siguientes resultados.

Primero. “Desprendimiento de agregados” con el mayor porcentaje de fallas, un porcentaje de 12.60% con respecto a las 16 unidades evaluadas.



Figura 9. Distribución de fallas – Desprendimiento de agregados
Fuente: Elaboración propia

Segundo. “Parcheo” con un 8.74% respecto a las 16 unidades evaluadas.

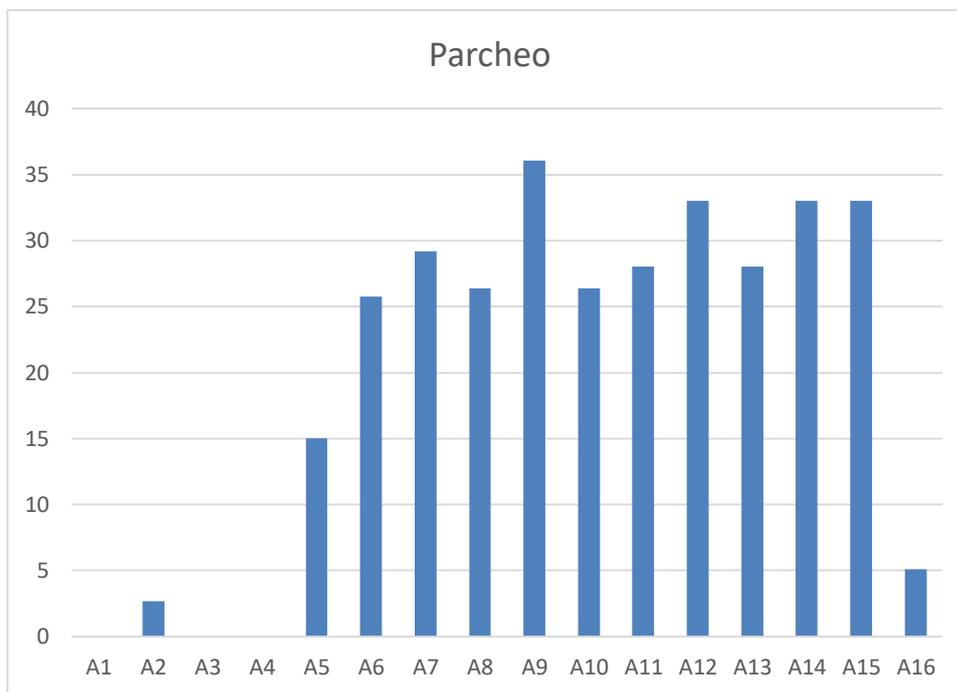


Figura 10. Distribución de fallas – Parcheo
Fuente: Elaboración propia

Tercero. “Huecos” con un 1.32% con respecto a las 16 unidades evaluadas.

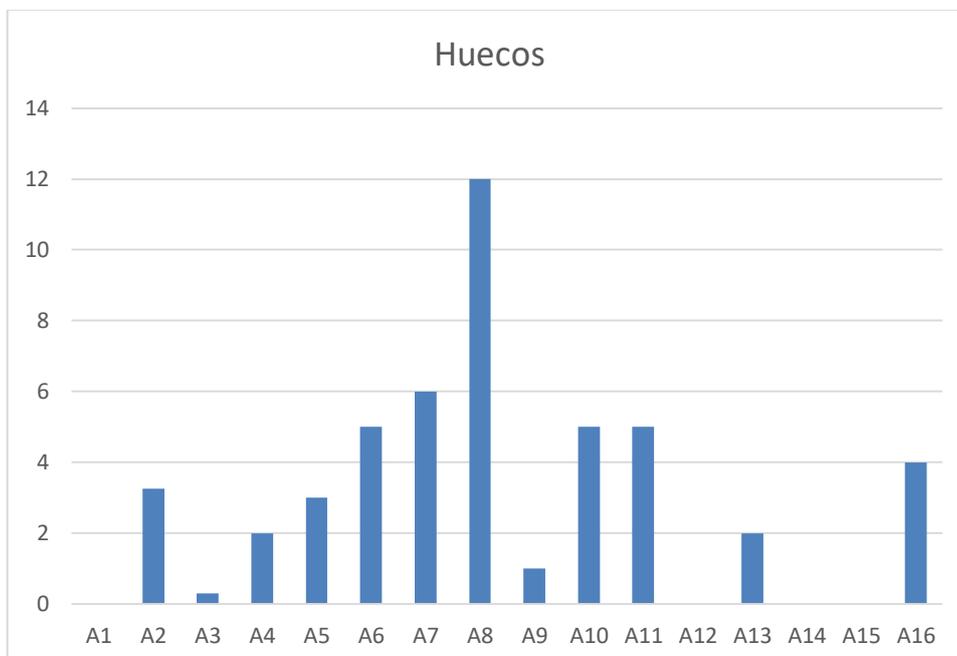


Figura 11. Distribución de fallas – Huecos
Fuente: Elaboración propia

Cuarto. “Fisuras longitudinales y transversales” con un 1.10% respecto a las 16 unidades evaluadas.

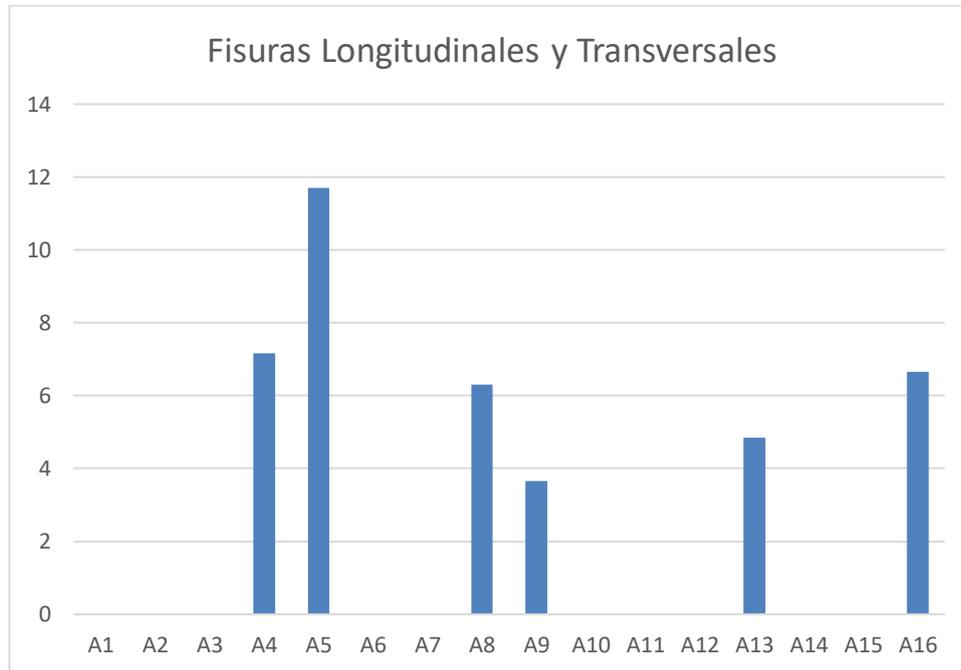


Figura 12. Distribución de fallas – Fisuras longitudinales y transversales
Fuente: Elaboración propia

Quinto. “Piel de cocodrilo” con un 0.47% respecto a las 16 unidades evaluadas.

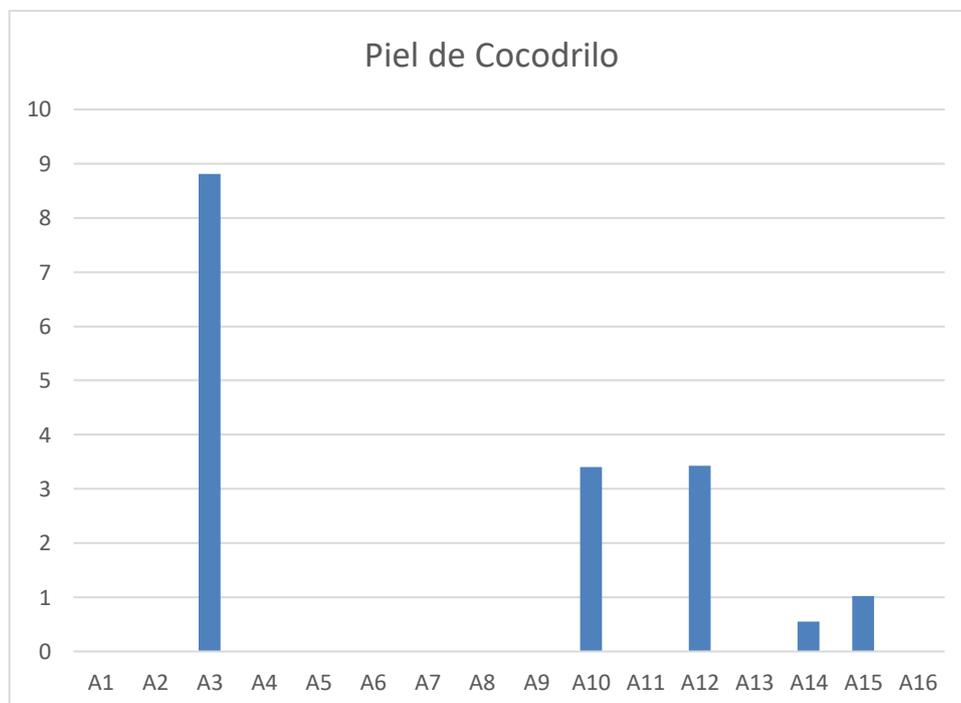


Figura 13. Distribución de fallas – Piel de Cocodrilo
Fuente: Elaboración propia

Sexto. “Hinchamiento” con un 0.47% respecto a las 16 unidades evaluadas.

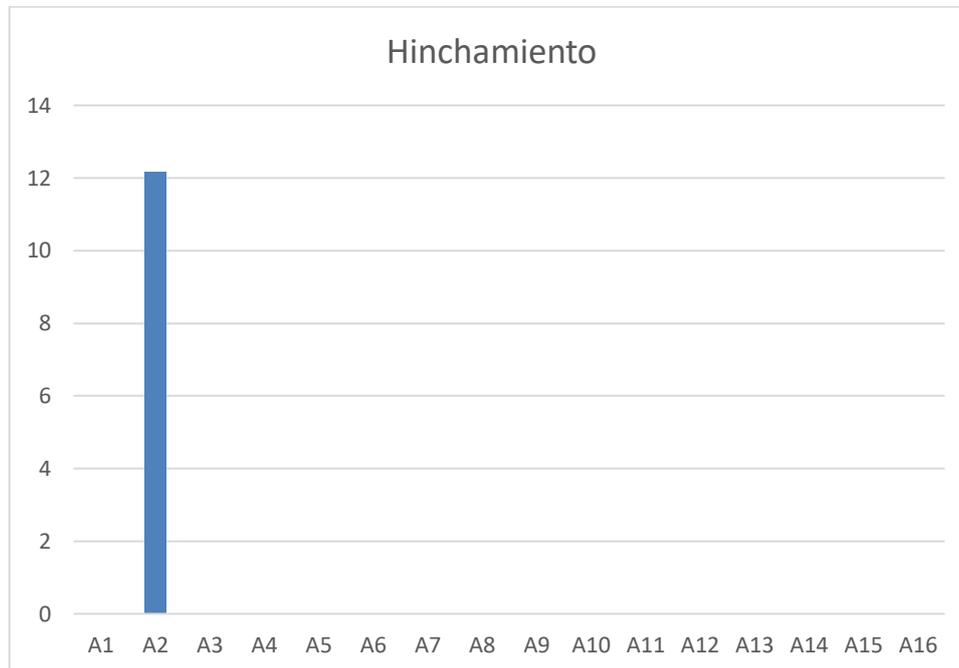


Figura 14. Distribución de fallas – Hinchamiento
Fuente: Elaboración propia

Séptimo. “Abultamiento y hundimiento” con un 0.27% respecto a las 16 unidades evaluadas.



Figura 15. Distribución de fallas – Abultamiento y hundimiento
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Nivel de severidad por falla y PCI Ponderado

Teniendo todos los datos de campo, y hallado los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se puede calcular el PCI promedio de las 2 secciones consideradas, para tener una idea general de cuál es el estado del pavimento de la Av. Miraflores. Se muestra a continuación en un resumen de estos resultados, identificando las dos secciones de la vía, con sus respectivas unidades de muestra que fueron tomadas para la inspección

Tabla 38
Resultados de la Av. Miraflores - Trujillo

Unidad de muestra	PCI Unidad de muestra	Estado	Sección	PCI de la sección	Estado
U1	56	Bueno			
U3	44	Fallado			
U5	44	Regular			
U7	1	Regular	1	26.00	Malo
U9	32	Regular			
U11	2	Fallado			
U13	14	Fallado			
U15	15	Fallado			
U2	4	Malo			
U4	51	Fallado			
U6	2	Fallado			
U8	2	Muy malo	2	18.50	Muy malo
U10	8	Muy malo			
U12	14	Malo			
U14	33	Muy malo			
U16	34	Malo			

PCI de la Av. Miraflores:

22.25 - MUY MALO

Se puede percibir que la Av. Miraflores, presenta una condición de pavimento muy malo, en la primera sección con un estado malo y en la segunda con un estado malo.

El pavimento flexible de la Avenida tiene un PCI final ponderado de 22.25 con un estado de pavimento muy malo, es por esto que en casi toda su trayectoria la Av. Miraflores resulta con un factor de desconfort para los usuarios, por ende, ocasiona un mayor deterioro en los vehículos que recorren por la avenida.

Los valores obtenidos en la tabla, se encuentran en el límite inferior del rango de las acciones a tomar según el Índice de Condición de Pavimentos, así que este índice si bien nos indica que el estado del pavimento es malo, y la rehabilitación del pavimento sería una opción a tomar, está muy cerca de optarse por la reconstrucción del mismo.

3.2.3. Causas del estado de la Avenida Miraflores

Las fallas más frecuentes en la Av. Miraflores en el desprendimiento de agregados con un área total de 463.53 m², seguido de la falla número 11 Parcheo con un área de 321.70 m², en las 16 unidades estudiadas presentaron estas fallas, pero con densidades variables.

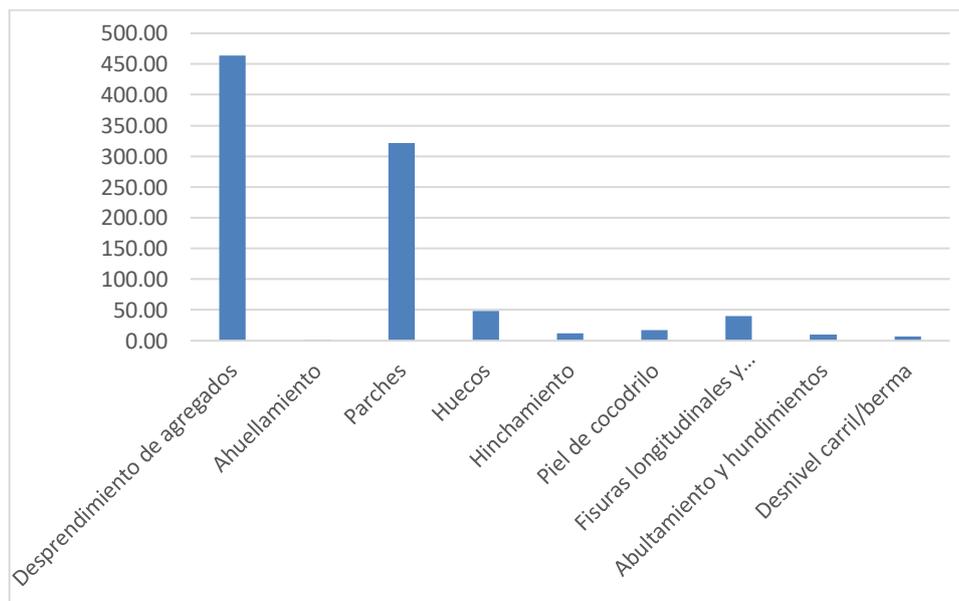


Figura 16. Número de fallas según su tipo
Fuente: Elaboración propia

➤ Las causas para las fallas encontradas en la Avenida Miraflores:

Para la primera falla: Desprendimiento de agregados (N° 14):

- Se debe a la pérdida de asfalto o aglomerante de alquitrán y partículas de agregado desprendidas; esto indica que el aglutinante del asfalto se ha endurecido o es una mezcla de baja calidad.

- También puede ser causado por ciertos tipos de tráfico (Ejm. vehículos pesados tipo oruga).

Para la segunda falla: Parcheo (N° 11):

- Una de las causas es la mala construcción del parche (base insuficientemente compactada, mezcla asfáltica mal diseñada).

- Puede ser que sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron.

- Deficiencia de las juntas.

Para la tercera falla: Huecos (N° 13):

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.

- Defecto de construcción.

- Originados cuando los vehículos desprenden partes del material de la carpeta asfáltica, debido a mezclas pobres en la superficie, subrasante o base.

Para la cuarta falla: Fisuras longitudinales y transversales (N° 10):

- Pueden ser causadas por una junta de carril de pavimentación mal construida.

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°)

Para la quinta falla: Piel de cocodrilo (N° 1):

- Es causadas por la falla por fatiga de la superficie de concreto asfáltico bajo la carga de tráfico repetida.
- Debido a las repetitivas cargas de tráfico.

Para la sexta falla: Hinchamiento (N° 17):

- Esta falla generalmente es causada por la acción de las heladas en el subsuelo o por la hinchazón del suelo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

✓ En la tabla N°38, el PCI encontrado en la Av. Miraflores para el primer tramo es de 26.00 y para el segundo tramo es de 18.50, dando así un PCI ponderado de 22.25, se encontró dentro de los límites (Figura N° 5 - Rango de calificaciones de PCI) que se encuentra en un estado Muy malo.

✓ De acuerdo a la clasificación de las acciones a tomar en cuenta según los resultados de los tipos de fallas encontrados en el estado del pavimento flexible (Figura N° 6 – Intervenciones según PCI) se determinó que para mejorar la calidad de los usuarios se tiene que hacer una reconstrucción del pavimento flexible de la Av. Miraflores. Según el método PCI las fallas más predominantes son “Desprendimiento de agregados”, “Parcheo” y “Huecos” con un nivel de severidad de alto y medio para los tres; causados una mezcla de pobre calidad, el ligante asfáltico se ha perdido debido endurecimiento del asfalto ocasionado por el cambio de temperaturas diario y/o también debido al envejecimiento del asfalto, la falta de mantenimiento, así mismo la falla por fatiga de la superficie por la carga repetida de tráfico de vehículos pesados.

✓ En el estudio de Mariana Hiliquin sobre “Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016” obtuvo un valor de PCI de 34.69 que concluye que el estado actual de dicho pavimento es malo y para mejorar se realizará rehabilitación esta investigación con un 12.44 mayor al PCI ponderado de 22.25 encontrado en la investigación que para mejorar se hará

la reconstrucción. Sus fallas más predominantes encontradas fueron “desprendimiento de agregados (falla 19)” y los “parches (falla 11)” y en ambos casos, esas fallas se encontraron con severidad media y baja se originaron por la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado, esto debido a una mezcla de pobre calidad.

✓ En el estudio de Jaime Rabanal sobre “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014” obtuvo un valor de PCI de 49.00 que concluye que el estado actual de dicho pavimento es Regular y para mejorar se realizará rehabilitación esta investigación con un 26.74 mayor al PCI ponderado de 22.25 encontrado en la investigación que para mejorar se hará la reconstrucción. Sus fallas más predominantes encontradas fueron baches en mal estado, Piel de Cocodrilo y agrietamientos Longitudinales, Transversales y Agrietamiento en bloque.

✓ Se recomienda continuar con la investigación determinando cuales son las causas que determinan el estado del pavimento y dando posibles soluciones para mejorar la calidad en la población. Se recomienda realizar una evaluación económica en los pavimentos flexibles para determinar el costo que se requiere para mejorar el estado de los pavimentos flexibles en la ciudad de Trujillo.

4.2 Conclusiones

✓ La condición del pavimento flexible de la Avenida Miraflores en la ciudad de Trujillo en el año 2019 después del fenómeno del Niño (en el año 2017), según el estudio realizado, mediante el método del Índice de condición del Pavimento (PCI) se concluye que la condición del estado de dicho pavimento es Muy Malo.

✓ Las fallas predominantes en la Avenida Miraflores, según la clasificación del método PCI, fueron en primer lugar el “desprendimiento de agregados (falla 14)” con un área total de 463.53 m² siendo un 12.60 % del total de las fallas y en segundo lugar con un 8.74 % los “parches (falla 11)” con un área de 321.70 m²; en ambos casos estas fallas se encontraron con severidad alta y media, tercero la “falla 13 Huecos” con 49 unidades con severidad alta, media y leve, “falla 10 Fisuras longitudinales y transversales” con una longitud de 40.31 m y con una severidad media, “falla 1 Piel de cocodrilo” con un área de 17.21 m² con severidad media y leve, “falla 17 Hinchamiento” con un área de 12.18 m² con severidad leve, “falla 4 Abultamiento y hundimientos” con un área de 10 m² y una severidad media, “falla 9 Desnivel carril/berma” con una longitud de 7.30 m con una severidad leve y finalmente con un área de 0.65 y una severidad media la “falla 4 ahuellamiento”.

✓ El pavimento flexible de la Avenida Miraflores en la ciudad de Trujillo en el año 2019, según el estudio realizado, mediante el método del Índice de condición del Pavimento (PCI) en la sección 1 tiene un PCI de 26.00 y en la sección 2 un PCI de 18.50, por ende, el PCI ponderado es de 22.25 y de acuerdo con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado de dicho pavimento es Muy Malo.

✓ Se concluye que la hipótesis planteada ha sido acertada, ya que como las principales fallas encontradas en la avenida son desprendimiento de agregados, parches, huecos y fisuras longitudinales y transversales; el estado del pavimento flexible en la Av. Miraflores es muy malo de acuerdo al método PCI, y las principales causas son: una mezcla de pobre calidad, el ligante asfáltico se ha perdido debido endurecimiento del asfalto ocasionado por el cambio de temperaturas diario y/o también debido al envejecimiento del asfalto, la falta de mantenimiento, así mismo la falla por fatiga de la superficie por la carga repetida de tráfico de vehículos pesados.

4.3. Recomendaciones

✓ Como el Índice de Condición del Pavimento es descrito como muy malo, se recomienda que en pavimentos flexibles se realice una rehabilitación y/o reconstrucción, ya que lo que se busca es que los pavimentos vuelvan a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil necesarias para generar confort, calidad y seguridad al usuario.

✓ Cuando en un pavimento flexible exista las fallas N°14 (desprendimiento de agregados) y la N°11 (parcheo) se recomienda tener en cuenta las opciones de reparación y mantenimiento para brindar una buena calidad de vida a la población.

✓ Se recomienda que para la evaluación de un pavimento mediante el método PCI debe ser realizado por personal competente y responsable, que sea capaz de identificar las fallas que se encuentren, dentro de los 19 tipos que considera el método para pavimentos flexibles.

✓ Se recomienda seguir y/o ampliar con los estudios de evaluación de las condiciones y las causas de las fallas del estado de los pavimentos flexibles de manera más continua en la ciudad de Trujillo de manera que podamos evitar las fallas más críticas que pueden llegar a afectar estructuralmente al pavimento flexible para poder evitar gastos mayores en una reparación y poder brindar una buena calidad de vida a la población.

✓ Se recomienda que en un futuro se implemente un sistema integral de drenaje para Trujillo, para los pavimentos flexibles que tengan acceso a una quebrada o un río, con la opción de cunetas para poder evacuar la descarga de agua ya sea de lluvias o por el desborde

Determinación de las condiciones del pavimento flexible y sus causas, después del Fenómeno del Niño en el año 2017, aplicando el método índice de condición del pavimento, en la Avenida Miraflores - Trujillo

de las quebradas o ríos, para que no afecte los pavimentos y las viviendas de la ciudad y se

siga con la meta de ofrecer una buena calidad de vida a la población.

REFERENCIAS

- Cantuarias Cepeda, L. C., & Watanabe Ibañez, J. R. (2017). *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada del distrito de Trujillo*. Trujillo.
- Hernández Salazar, G. S., & Torres Sono, J. C. (2016). *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo carretera Pomalca - Av. Victor Raúl Haya de la Torre*. Pimentel.
- Hiliquín Brañez, M. L. (2016). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del distrito Pocollay en el año 2016*. Tacna.
- Leguía Loarte, P. B., & Pacheco Risco, H. F. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho - Huaura - Lima)*. Lima.
- Mba Lozano, E., & Tabares Gonzales, R. (2005). *Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio de fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café - vía da Badea*. Manizales.
- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Chile.
- Picado Muñoz, G. (2016). *Desarrollo de curvas de deterioro para la Red Vial Cantonal en pavimentos flexibles*. Costa Rica.
- Rabanal Pajares, J. E. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método de índice de condición del pavimento Cajamarca - 2014*. Cajamarca.

Trujillo Jiménez, P. A. (2011). *Evaluación de pavimentos aeroportuarios haciendo uso del FWV y el procedimiento PCI, experiencias en el aeropuerto de Quito*. Portoviejo.

Vergara Vicuña, A. L. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología del PCI tramo Quichuay - Ingenio del Km 0+000 al km 1+000 2014*. Huancayo.

American Society for Testing and Materials, ASTM D 6433, 2007, “*Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*”, U.S.A.

American Society for Testing and Materials, ASTM D 5340, 2005, “*Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*”, U.S.A.

4.1. Panel Fotográfico



*Fotografía 1. Inspeccionando el área de trabajo
Fuente: Elaboración propia*



*Fotografía 2. Falla N°14 desprendimiento de agregados
Fuente: Elaboración propia*



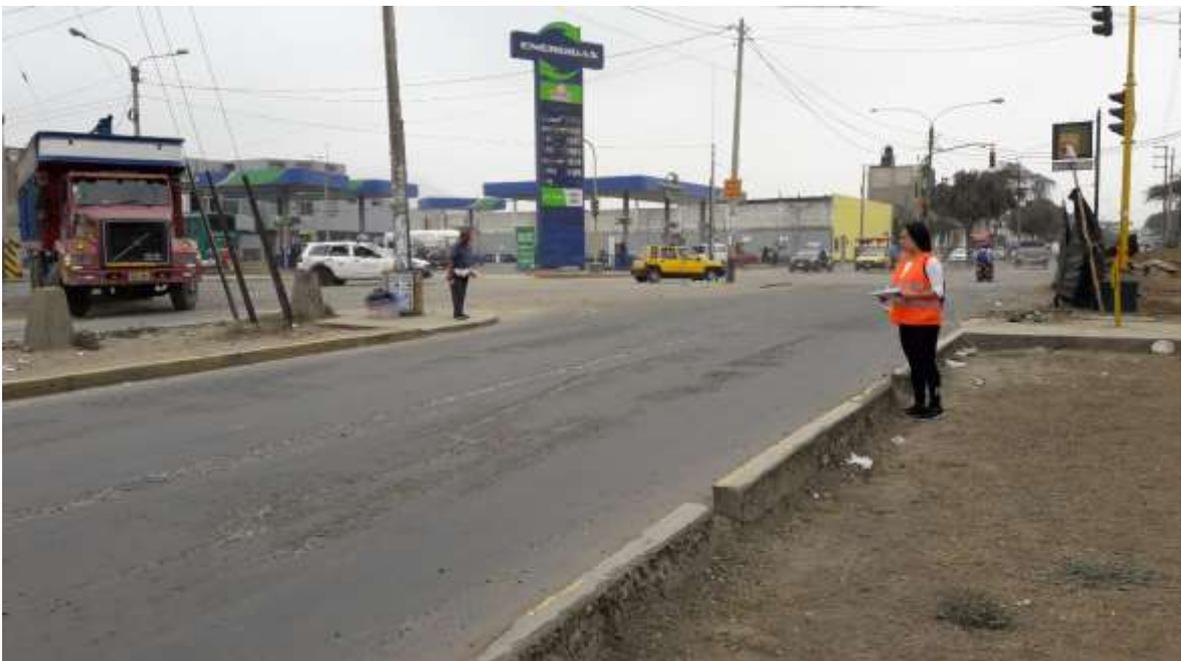
Fotografía 3. Midiendo la longitud de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 4. Midiendo el ancho de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 5. Midiendo la falla
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 6. Fallas encontradas parcheo, desprendimiento de agregados
Fuente: Elaboración propia



*Fotografía 7. Falla desnivel de berma
Fuente: Elaboración propia*



*Fotografía 8. Midiendo la falla
Fuente: Elaboración propia*



*Fotografía 9. Tomando apuntes de las fallas encontradas
Fuente: Elaboración propia*



*Fotografía 10. Tomando medidas de la falla desprendimiento de agregados
Fuente: Elaboración propia*



Fotografía 11. Falla desprendimiento de agregados
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 12. Tomando medida de la longitud de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 13. Fallas encontradas
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 14. Desprendimiento de agregados, tomando medidas
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 15. Tomando la altura de la falla
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 16. Tomando medidas
Fuente: Elaboración propia



*Fotografía 17. Tomando medida de la longitud
Fuente: Elaboración propia*



*Fotografía 18. Falla N° 13 huecos
Fuente: Elaboración propia*



Fotografía 19. Fallas encontradas
Fuente: Elaboración propia

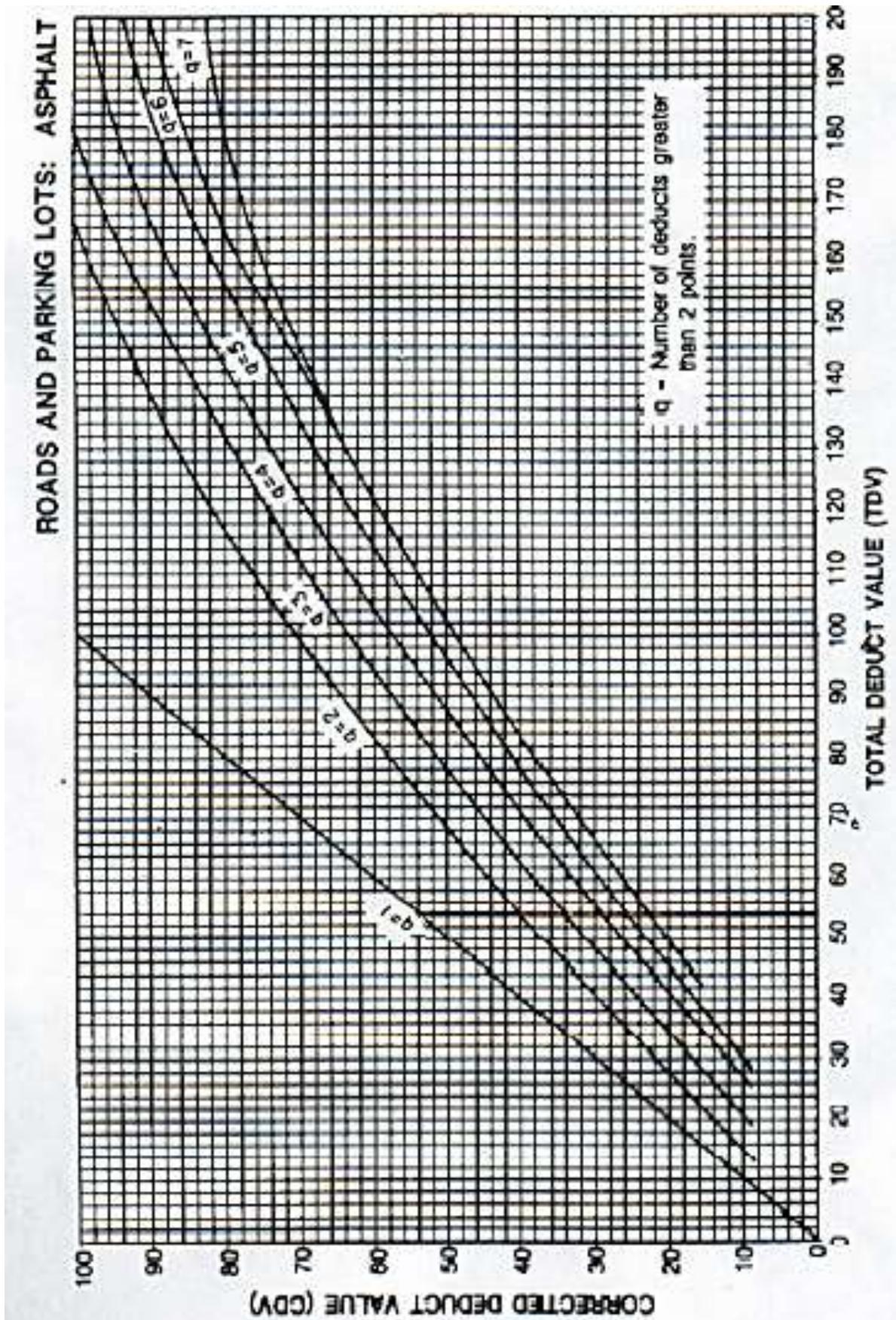


Fotografía 20. Tomando medidas
Fuente: Elaboración propia

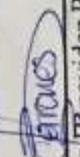
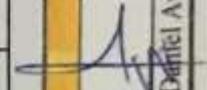


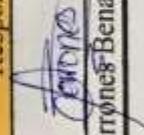
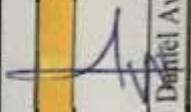
Fotografía 21. Midiendo las fallas
Fuente: Elaboración propia

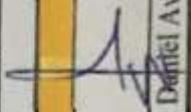
4.2. Valor deducido corregido



4.3. Hojas de registro

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO																																											
TESIS:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI																																										
FACULTAD:	INGENIERIA																																										
HOJA DE REGISTRO	INGENIERIA CIVIL																																										
MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)																																											
HOJA DE REGISTRO																																											
PAVIMENTO FLEXIBLE																																											
Nombre de la vía: Avenida Miraflores Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez Fecha: 11/10/19 Código: 001 Progresiva inicial: 00+00 Progresiva final: 00+31.50 Sección: U1 - T1 Área: 229.95 m ²																																											
NIVEL DE SEVERIDAD:																																											
L = Bajo, M = Medio, H = Alto																																											
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisura de borde 8. Fisura de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma	10. Fisuras longitudinales y transversales 11. Parches 12. Agregado pulido 13. Huecos 14. Desprendimiento de agregados 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica 17. Hinchamiento 18. Ahuellamiento 19. Cruce de vía férrea																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>Und</th> <th>Severidad</th> <th>Cantidad</th> <th>Total</th> <th>Densidad</th> <th>Valor Deducido (V.D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>m²</td> <td>H</td> <td>1.04 + 0.60 + 0.53 + 0.85 + 3.90 + 2.88 +</td> <td>21.08</td> <td>9.15</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.08 + 0.64 + 0.48 + 0.62 + 1.05 + 1.29 +</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.20 + 1.02 + 5.88</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>m²</td> <td>M</td> <td>0.30</td> <td>0.30</td> <td>0.13</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>m²</td> <td>M</td> <td>0.53 + 0.12</td> <td>0.65</td> <td>0.28</td> <td>8.5</td> </tr> </tbody> </table>	Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)	14	m ²	H	1.04 + 0.60 + 0.53 + 0.85 + 3.90 + 2.88 +	21.08	9.15	40				0.08 + 0.64 + 0.48 + 0.62 + 1.05 + 1.29 +							0.20 + 1.02 + 5.88				14	m ²	M	0.30	0.30	0.13	6	18	m ²	M	0.53 + 0.12	0.65	0.28	8.5	
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)																																					
14	m ²	H	1.04 + 0.60 + 0.53 + 0.85 + 3.90 + 2.88 +	21.08	9.15	40																																					
			0.08 + 0.64 + 0.48 + 0.62 + 1.05 + 1.29 +																																								
			0.20 + 1.02 + 5.88																																								
14	m ²	M	0.30	0.30	0.13	6																																					
18	m ²	M	0.53 + 0.12	0.65	0.28	8.5																																					
Responsable:																																											
 Terrones Benavidez Ruth Emily	Asesor:  Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo																																										

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO						
TESIS:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI					
FACULTAD:	INGENIERÍA CIVIL					
HOJA DE REGISTRO						
MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)						
HOJA DE REGISTRO						
PAVIMENTO FLEXIBLE						
NIVEL DE SEVERIDAD:						
L = Bajo, M = Medio, H = Alto						
Nombre de la vía: <u>Avenida Miraflores</u>	Fecha: <u>11/10/19</u>					
Ejecutor: <u>Ruth Emily Terrones Benavidez</u>	Código: <u>002</u>					
1. Piel de cocrilto	5. Corrugación					
2. Exudación	6. Depresión					
3. Fisuras en bloque	7. Fisura de borde					
4. Abultamientos y hundimientos	8. Fisura de reflexión de junta					
	9. Desnivel carril/berma					
	10. Fisuras longitudinales y transversales					
	11. Parches					
	12. Agregado pulido					
	13. Huecos					
	14. Desprendimiento de agregados					
	15. Desplazamiento					
	16. Fisura parabólica					
	17. Hinchamiento					
	18. Ahuellamiento					
	19. Cruce de vía férrea					
	Sección: <u>U2 - T102</u>					
	Area: <u>229.95 m²</u>					
	Progresiva inicial: <u>00 + 00</u>					
	Progresiva final: <u>00 + 31.50</u>					
	Valor Deducido (V.D)					
	Total					
	Densidad					
	Valor Deducido (V.D)					
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	0.62 + 9.90 + 2.48	13.00	5.65	82
14	m ²	M	0.42	0.42	0.18	5
11	m ²	M	2.67	2.67	1.16	12
13	Nº	H	3.00	3.00	1.42	58
17	m ²	M	12.18	12.18	5.30	28
Responsable:						
						
Terrones Benavidez Ruth Emily						
Asesor:						
						
Ricardo Avalos Alayo						

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO						
TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI						
FACULTAD: INGENIERÍA	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
HOJA DE REGISTRO						
MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)						
HOJA DE REGISTRO						
PAVIMENTO FLEXIBLE						
NIVEL DE SEVERIDAD: L = Bajo, M = Medio, H = Alto						
Nombre de la vía: Avenida Miraflores	Fecha: 11/10/19					
Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez	Código: 003					
Progresiva inicial: 00 + 230.50	Progresiva final: 00 + 252					
Sección: U3 - T8	Área: 229.95 m ²					
1. Piel de cocodrilo	10. Fisuras longitudinales y transversales					
2. Exudación	11. Parches					
3. Fisuras en bloque	12. Agregado pulido					
4. Abultamientos y hundimientos	13. Huecos					
5. Corrugación	14. Desprendimiento de agregados					
6. Depresión	15. Desplazamiento					
7. Fisura de borde	16. Fisura parabólica					
8. Fisura de reflexión de junta	17. Hinchamiento					
9. Desnivel carril/berma	18. Ahuellamiento					
19. Cruce de vía férrea	19. Cruce de vía férrea					
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
1	m ²	M	1.21 + 0.60 + 5.20 + 1.81	8.81	3.83	35
14	m ²	H	1.36 + 3.50 + 0.39 + 6.00 + 0.36 + 2.80	14.41	6.27	34
13	Nº	M	2.00	2.00	0.87	19
Responsable: 		Asesor: 				
Nombre:	Terrones Benavidez Ruth Emily	Nombre:	Ricardo Daniel Avalos Alayo			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Sección: 04 - T95

Area: 229.95 m²

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 11/10/19

Progresiva inicial: 00 + 220.50

Progresiva final: 00 + 252

- Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez
- Código: 004
1. Piel de cocodrilo
 2. Exudación
 3. Fisuras en bloque
 4. Abultamientos y hundimientos
 5. Corrugación
 6. Depresión
 7. Fisura de borde
 8. Fisura de reflexión de junta
 9. Desnivel carril/berma
 10. Fisuras longitudinales y transversales
 11. Parches
 12. Agregado pulido
 13. Huecos
 14. Desprendimiento de agregados
 15. Desplazamiento
 16. Fisura parabólica
 17. Hinchamiento
 18. Ahuellamiento
 19. Cruce de vía férrea

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	19.50 + 1.19 + 6.00 + 0.50	27.19	11.82	20
10	m	M	2.76 + 2.70 + 1.70	7.16	3.11	27
13	Nº	M	2.00	2.00	0.87	19

Responsable:

Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor:

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERIA **CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL



HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

PAVIMENTO FLEXIBLE

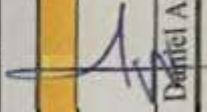
NIVEL DE SEVERIDAD:
L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores Fecha: 11/10/19 Sección: U5 - T45
Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez Código: 005 Progresiva inicial: 00 + 441 Área: 229.95 m²
Progresiva final: 00 + 472.50

1. Piel de cocodrilo 5. Corrugación 10. Fisuras longitudinales y transversales 15. Desplazamiento
2. Exudación 6. Depresión 11. Parches 16. Fisura parabólica
3. Fisuras en bloque 7. Fisura de borde 12. Agregado pulido 17. Hinchamiento
4. Abultamientos y hundimientos 8. Fisura de reflexión de junta 13. Huecos 18. Ahuellamiento
9. Desnivel carril/berma 14. Desprendimiento de agregados 19. Cruce de vía férrea

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	1.20 + 0.38	1.58	0.68	14
11	m ²	M	15.00	15.00	6.52	26
13	nº	M	3.00	3.00	1.30	35
10	m ²	M	2.10 + 3.10 + 3.00 + 3.50	11.70	5.09	23

Responsable: 
Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor: 
Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Sección: 06 - T33
Área: 229.95 m²

Progresiva inicial: 00 + 441

Progresiva final: 00 + 472.50

Fecha: 05/10/19

Código: 006

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m ²	H	25.74	25.74	11.19	56
14	m ²	H	21.30	21.30	9.26	40
13	Nº	M	3.00	3.00	1.30	55
13	Nº	H	2.00	2.00	0.87	49

Responsable:

TERRONES

Asesor:

[Signature]

Nombre:

Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre:

Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERIA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Sección: 07 - T22

Área: 229.95 m²

Progresiva inicial: 00 + 630

Progresiva final: 00 + 661.50

10. Fisuras longitudinales y transversales

11. Parches

12. Agregado pulido

13. Huecos

14. Desprendimiento de agregados

15. Desplazamiento

16. Fisura parabólica

17. Hinchamiento

18. Ahuellamiento

19. Cruce de vía férrea

5. Corrugación

6. Depresión

7. Fisura de borde

8. Fisura de reflexión de junta

9. Desnivel carril/berma

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 05/10/19

Código: 007

Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

1. Piel de cocodrilo

2. Exudación

3. Fisuras en bloque

4. Abultamientos y hundimientos

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	m	2.07 + 0.06 + 80.00	82.13	35.71	30
14	m ²	H	61.00	61.00	26.53	72
11	m ²	H	26.40 + 1.40 + 1.40	29.20	12.70	57
13	m ²	m	6.00	6.00	2.61	48

Responsable:

Ruth Emily Terrones Benavidez

Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre:

Asesor:

Ricardo Daniel Avalos Alayo

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERÍA **CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

PAVIMENTO FLEXIBLE

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores Fecha: 03/10/19 Sección: 08- T81
 Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez Código: 008 Progresiva inicial: 00 + 630 Área: 229.95 m²
 Progresiva final: 00 + 661.50

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuecamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
13	m ⁰	H	6.00	6.00	2.61	72
13	m ⁰	M	6.00	6.00	2.61	50
14	m ²	H	2.70	2.70	1.17	20
14	m ²	L	4.90	4.90	2.13	2
11	m ²	H	26.40	26.40	11.48	54
10	m	H	4.50 + 1.80	6.30	2.74	32

Responsable:

Asesor:

Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERÍA **CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

PAVIMENTO FLEXIBLE

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores Fecha: 03/10/19 Sección: 09 - T29
Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez Código: 009 Progresiva inicial: 00 + 819 Área: 229.95 m²
Progresiva final: 00 + 850.50

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
14	m ²	H	0.08 + 0.94 + 9.00	10.01	4.85	29
14	m ²	L	3.00	3.00	1.20	2
13	Nº	L	1.00	1.00	0.43	10
11	m ²	H	33.00 + 1.54 + 1.54	36.08	15.69	60
10	m	M	3.50 + 0.15	3.65	1.59	12

Responsable:

Ruth Emily Terrones Benavidez

Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor:

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

PAVIMENTO FLEXIBLE

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 27/09/19

Sección: 010-174

Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

Código: 000

Área: 229.95 m²

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
1	m ²	L	2.20 + 1.20	3.40	1.48	13
14	m ²	H	2.20 + 1.12 + 5.00 + 1.20	9.52	4.14	30
13	Nº	H	2.00	2.00	0.87	50
11	m ²	H	26.40	26.40	11.48	53
13	Nº	M	3.00	3.00	1.30	36

Responsable:

Asesor:

Ruth Emily Terrones Benavidez

Ricardo Daniel Avalos Alayo

Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERÍA **CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

PAVIMENTO FLEXIBLE

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Sección: 041-136

Progresiva inicial: 01+103

Progresiva final: 01+37.60

Área: 229.95 m²

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
9	m	L	1.10 + 2.10 + 4.10	7.30	3.17	2
14	m ²	H	9.90 + 7.20 + 4.50 + 23.00	44.60	19.40	52
14	m ²	M	26.00	26.00	11.31	20
11	m ²	H	28.05	28.05	12.20	55
13	Nº	H	4.00	4.00	1.74	65
13	Nº	M	1.00	1.00	0.43	18

Responsable:

Asesor:

Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 27/09/19

Sección: 012 - T67

Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

Código: 012

Progresiva inicial: 01 + 08

Progresiva final: 01 + 39.50

Área: 229.95 m²

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m ²	H	33.00	33.00	14.35	59
14	m ²	H	32.30 + 9.50 + 6.80 + 8.50 + 8.32	65.42	28.45	60
1	m ²	M	0.73 + 0.08 + 0.35 + 2.28	3.43	1.49	25

Responsable:

Terrones Benavidez Ruth Emily

Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre:

Ricardo Daniel Avalos Alayo

Asesor:

Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Avenida Miraflores
Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez
Fecha: 27/09/19
Código: 013
Sección: 013 - T43
Área: 229.95 m²

- NIVEL DE SEVERIDAD:**
L = Bajo, M = Medio, H = Alto
- Progresiva inicial: 01 + 197
Progresiva final: 01 + 223.50
1. Piel de cocodrilo
 2. Exudación
 3. Fisuras en bloque
 4. Abultamientos y hundimientos
 5. Corrugación
 6. Depresión
 7. Fisura de borde
 8. Fisura de reflexión de junta
 9. Desnivel carril/berma
 10. Fisuras longitudinales y transversales
 11. Parches
 12. Agregado pulido
 13. Huecos
 14. Desprendimiento de agregados
 15. Desplazamiento
 16. Fisura parabólica
 17. Hinchamiento
 18. Ahuellamiento
 19. Cruce de vía férrea

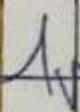
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m ²	H	28.05	28.05	12.20	55
14	m ²	H	44.56 + 9.50 + 2.88 + 0.08 + 0.64 + 0.48	28.14	12.24	45
10	m	M	2.40 + 1.80 + 0.60 + 0.35	4.85	2.11	15
13	Nº	M	2.00	2.00	0.87	25

Responsable:



Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor:



Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD: INGENIERÍA **CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Sección: 014 - T39

Área: 229.95 m²

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 27/09/19

Progresiva inicial: 01 + 402.50

Progresiva final: 01 + 134

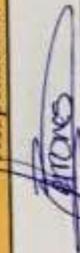
Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

Código: 014

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m ²	H	23.00	38.00	14.35	59
14	m ²	H	7.01 + 1.76 + 2.14 + 0.50 + 0.56	11.98	5.21	31
1	m ²	M	0.05 + 0.48 + 0.02	0.55	0.24	11

Responsable:

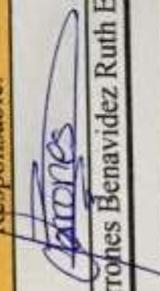
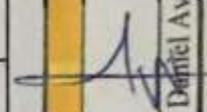


Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor:



Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO						
TESIS:	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI					
FACULTAD:	INGENIERÍA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
HOJA DE REGISTRO						
MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)						
HOJA DE REGISTRO						
PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nivel de Severidad: L = Bajo, M = Medio, H = Alto Progresiva inicial: <u>01 + 386</u> Sección: <u>U15 - T50</u> Progresiva final: <u>01 + 447 - 50</u> Área: <u>229.95 m²</u>						
Nombre de la vía: <u>Avenida Miraflores</u>	Fecha: <u>23/09/19</u>					
Ejecutor: <u>Ruth Emily Terrones Benavidez</u>	Código: <u>015</u>					
1. Piel de cocodrilo	5. Corrugación					
2. Exudación	6. Depresión					
3. Fisuras en bloque	7. Fisura de borde					
4. Abultamientos y hundimientos	8. Fisura de reflexión de junta					
	9. Desnivel carril/berma					
	10. Fisuras longitudinales y transversales					
	11. Parches					
	12. Agregado pulido					
	13. Huecos					
	14. Desprendimiento de agregados					
	15. Desplazamiento					
	16. Fisura parabólica					
	17. Hinchamiento					
	18. Ahuclamiento					
	19. Cruce de vía férrea					
	Valor Deducido (V.D)					
Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
11	m ²	H	33.00	33.00	14.85	57
1	m ²	M	0.18 + 0.18 + 0.47 + 0.20	1.03	0.45	15
4	m	M	10.00	10.00	4.35	60
14	m ²	H	10.40 + 0.56	10.96	4.77	30
Responsable:		Asesor:				
 Terrones Benavidez Ruth Emily		 Ricardo Daniel Avalos Alayo				
Nombre:	Nombre:					

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO SAN ISIDRO

TESIS:

DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DEBIDO AL FENÓMENO DEL NIÑO EN EL 2017 EN LA AV. MIRAFLORES - TRUJILLO, USANDO EL MÉTODO PCI

FACULTAD:

INGENIERÍA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

HOJA DE REGISTRO

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

HOJA DE REGISTRO

NIVEL DE SEVERIDAD:

L = Bajo, M = Medio, H = Alto

Nombre de la vía: Avenida Miraflores

Fecha: 03/10/19

Progresiva inicial: 00 + 913.50

Sección: C16-T32

Ejecutor: Ruth Emily Terrones Benavidez

Código: 016

Progresiva final: 00 + 945

Area: 229.95 m²

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Piel de cocodrilo | 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento |
| 2. Exudación | 6. Depresión | 11. Parches | 16. Fisura parabólica |
| 3. Fisuras en bloque | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Huecos | 18. Ahuellamiento |
| | 9. Desnivel carril/berma | 14. Desprendimiento de agregados | 19. Cruce de vía férrea |

Falla	Und	Severidad	Cantidad	Total	Densidad	Valor Deducido (V.D)
13	Nº	M	4.00	4.00	1.74	41
11	m ²	H	5.11	5.11	2.22	27
10	m	M	0.35 + 5.00 + 1.30	6.65	2.89	28
14	m ²	H	1.40 + 1.05 + 1.29 + 0.20	3.94	1.71	20

Responsable:

Terrones Benavidez Ruth Emily

Nombre: Terrones Benavidez Ruth Emily

Asesor:

Nombre: Ricardo Daniel Avalos Alayo