



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método  
PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTOR:

Daymer Valdez Manay

ASESOR:

Dra. María Ysabel García Álvarez

Mg. Luis Humberto Díaz Huiza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don: **Valdez Manay Daymer** cuyo título es: **"Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018"**.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ..... 14 (catorce) .....

Lima, San Juan de Lurigancho 20 de Julio del 2018

.....  
 PRESIDENTE  
 EJPANDZA

.....  
 SECRETARIO  
 CASUROL

.....  
 VOCAL  
 DIAZ

					
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación

### **Dedicatoria**

A mis padres y hermanos, con afecto para estas personas que hicieron y hacen lo posible que alcance mis objetivos, por motivarme y darme siempre palabras de aliento en momentos difíciles.

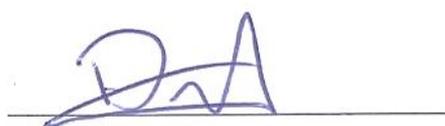
### **Agradecimientos**

A Dios, por haberme brindado vida para disfrutar de cada día, por concederme sabiduría, amor y, sobre todo, la fortaleza para seguir adelante y poder concluir esta etapa de mi vida. A la Universidad César Vallejo y sus docentes por su destacada labor educativa y haberme formado profesionalmente.

## **Declaratoria de autenticidad**

Yo Daymer Valdez Manay con DNI N° 62272583, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

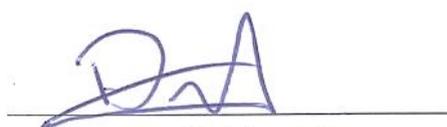
San Juan de Lurigancho, 20 de julio del 2018



Daymer Valdez Manay  
DNI: 62272583d

## **Presentación**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec- Jicamarca, 2018”, cuyo objetivo fue determinar la importancia de evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec- Jicamarca, 2018 y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se proporciona un marco teórico donde se desarrollan los conceptos generales que se debe conocer para entender el proyecto y además se explica la realidad problemática de la localidad en estudio. En el segundo capítulo se describe la metodología y el instrumento de recolección de datos a usar en la investigación. En el tercer capítulo se desarrolla los resultados tras haber analizado todas las unidades de muestras, dando a conocer su calificación y clasificación según el PCI. En el cuarto capítulo se presentan las discusiones, las cuales están basadas en las semejanzas y diferencias encontradas con los proyectos de investigación previos. En el quinto capítulo se presenta las conclusiones a las que se llegaron para dar respuesta a los objetivos. En el sexto capítulo se realizan las recomendaciones necesarias para que investigaciones posteriores tomen en cuenta, con el fin de mejores resultados. Finalmente se presentan las bibliografías y anexos que fueron esenciales para la investigación.



Daymer Valdez Manay

DNI: 62272583d

## **Resumen**

El proyecto de investigación con título “Evaluación de estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018” presenta como objetivo fundamental evaluar el estado funcional del pavimento flexible de la vía mencionada con el propósito de conocer la condición de la vía evaluada; esto se realiza mediante un método internacional llamado Índice de Condición del Pavimento (PCI), considerado el mejor método de evaluación, ya que evalúa y califica objetivamente los pavimentos y ha sido publicada como un método de análisis y aplicación estandarizado por Asociación Americana de Ensayos y Materiales en la norma ASTM D6433.

El primer capítulo de la investigación proporciona un marco teórico donde se desarrollan los conceptos generales que se debe conocer para entender el proyecto y además se explica la realidad problemática de los pavimentos en la zona de estudio.

En el segundo capítulo se procede a describir la metodología a usar, la cual es no experimental ya que solo se estudió y evaluó el problema tal cual se presentó sin necesidad de alterarla.

En el tercer capítulo se desarrolla los resultados tras haber analizado todas las unidades de muestras, dando a conocer que la avenida Inca Pachacutec se encuentra en una condición mala con un valor PCI de 33.

*Palabras clave:* Evaluación, calificación, clasificación, condición.

## **Abstract**

The research project entitled "Evaluation of the functional state of the flexible pavement by the PCI method of the Inca Pachacutec - Jicamarca Avenue, 2018" presents the fundamental objective of evaluating the functional state of the flexible pavement of the aforementioned road in order to know the condition of the evaluated route; this is done through an international method called Pavement Condition Index (PCI), considered the best evaluation method, since it evaluates and objectively qualifies the pavements and has been published as a standardized analysis and application method by the American Association of Testing and Materials in ASTM D6433 standard.

The first chapter of the research provides a theoretical framework where the general concepts that must be known to understand the project are developed and also explains the problematic reality of the pavements in the study area.

In the second chapter we proceed to describe the methodology to be used, which is not experimental since only the problem was studied and evaluated as it was presented without the need to alter it.

In the third chapter the results are developed after having analyzed all the sample units, revealing that the Inca Pachacutec avenue is in a bad condition with a PCI value of 33.

*Keywords:* Evaluation, rating, classification, condition.

## Índice

Resumen .....	VII
Abstract.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Realidad problemática.....	3
1.2 Trabajos previos .....	6
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	8
1.4 Formulación del problema .....	26
1.5 Justificación del estudio .....	29
1.6 Hipótesis.....	29
1.7 Objetivos .....	29
II. MÉTODO.....	31
2.1 Diseño de investigación .....	32
2.2 Variables, Operacionalización .....	32
2.3 Población y muestra .....	35
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5 Método de Análisis de Datos .....	37
2.6 Aspectos éticos.....	38
III. RESULTADOS.....	39
IV. DISCUSIÓN .....	56
V. CONCLUSIONES .....	59
VI. RECOMENDACIONES .....	61
VII. REFERENCIAS.....	63
VIII. ANEXOS .....	68

## Índice de tablas

Tabla 1. Índice de Condición del Pavimento .....	10
Tabla 2. Clasificación de la condición del pavimento.....	25
Tabla 3. Matriz para mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible.....	25
Tabla 4. Matriz de operacionalización .....	32
Tabla 5. Longitudes de unidades de muestreo .....	35
Tabla 6. Condición de cada muestra evaluada .....	43
Tabla 7. Metrado de fallas .....	45
Tabla 8. Intervalos de pavimento de 0+500.00 .....	45
Tabla 9. Condición de cada muestra evaluada .....	46
Tabla 10. Ubicación de la estación de conteo Vehicular.....	47
Tabla 11. Clasificación de vehículos del día domingo 08 de abril del 2018.....	48
Tabla 12. Resumen de índice medio diario semanal .....	49
Tabla 13. Crecimiento de tráfico .....	50
Tabla 14. Sumatoria de ejes equivalentes del IMDA para el año 2021 .....	51
Tabla 15. Promedio de los resultados de CBR .....	52
Tabla 16. Valores necesarios para el diseño del pavimento .....	52
Tabla 17. Mantenimiento y rehabilitación de la avenida Inca Pachacutec .....	69

## Índice de figuras

Figura 1. Avenida Inca Pachacutec – Jicamarca .	5
Figura 2. Pavimento Flexible de estudio de la investigación.	5
Figura 3. Grietas tipo piel de cocodrilo	14
Figura 4. Exudación	15
Figura 5. Agrietamiento en bloque.	15
Figura 6. Abultamientos y Hundimientos .	16
Figura 7. Corrugación.....	16
Figura 8. Depresión	17
Figura 9. Grieta de borde..	17
Figura 10. Grieta de reflexión de junta.....	18
Figura 11. Desnivel carril / berma.....	18
Figura 12. Grietas longitudinales y transversales.....	19
Figura 13. Parcheo.	19
Figura 14. Pulimento de agregados.	20
Figura 15. Huecos.....	20
Figura 16. Cruce de vía férrea	21
Figura 17. Ahuellamiento	21
Figura 18. Desplazamiento	22
Figura 19. Grietas parabólicas	22
Figura 20. Hinchamiento	23
Figura 21. Desprendimiento de agregados	23
Figura 22. Curva de valor deducido corregido	25
Figura 23. Avenida Inca Pachacutec	34
Figura 24. Herramientas para evaluación de Pavimento	37
Figura 25. Ejemplo de registro y tabulación de datos de “UM1”.....	42
Figura 26. Fallas existentes en la avenida Inca Pachacutec	44
Figura 27. Porcentaje de cada condición del pavimento	47
Figura 28. Número Estructural Requerido	53
Figura 29. Medición de falla parche.....	78
Figura 30. Medición de falla Hueco	78
Figura 31. Grabación de tránsito del día lunes 09 de abril del 2018	79
Figura 32. Grabación de tránsito del día domingo 8 de abril del 2018	79

## Índice de anexos

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.....	61
Anexo 2. Matriz de consistencia .....	62
Anexo 3. Presupuesto referencial .....	63
Anexo 4. Tablas de valor deducido de fallas PCI.....	68
Anexo 5. Índice de Condición de las unidades de muestreo .....	72
Anexo 6. Conteo de tráfico vehicular diario.....	77
Anexo 7. Recopilación de fotos de evaluación del pavimento.....	78
Anexo 8. Recopilación de imágenes del estudio de tráfico .....	81

# **I. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día la cantidad de vehículos que circulan por las ciudades ha tenido un incremento acelerado en el mundo. Así como en el Perú, en el año 2017 la Asociación de Representantes Automotrices del Perú informó que la venta de vehículos nuevos aumentó en un 6 por ciento, vendiendo 180 281 mil unidades; sin embargo, el presidente de la Asociación Automotriz del Perú, refirió que Perú a pesar del incremento no alcanza los resultados de Chile y Brasil quienes tuvieron una tasa 8.9% y 9.2%, (Sánchez, 2013). Por lo cual es de suma importancia que los pavimentos se encuentren en condiciones óptimas para brindar un tránsito seguro, económico y con comodidad.

Sin embargo, la realidad de la condición de los pavimentos es preocupante, porque aun en países desarrollados se presenta deterioro en las vías. Así también, las condiciones de los pavimentos en Estados Unidos varían de un estado a otro, pudiendo encontrar estados hasta con un 73 por ciento de carreteras en condiciones mediocres, esto se atribuye al tráfico frecuente que pasa por los estados pequeño y por el cambio de temperatura en otros (Busbud, 2015).

Existen diversos factores que dañan a los pavimentos. Ahlberg, (2014) afirma: “Los baches pueden ser el resultado de la presencia de exceso de humedad, materiales de pavimentación de mala calidad, diseños de mezcla inadecuados o compactación inadecuada, entre otros factores” (p. 3).

Qing & Rongguo (2012), mencionan que el índice de condición del pavimento es una forma simple, conveniente y económica de monitorear el estado de la superficie de las carreteras, identificar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, y garantizar que los presupuestos de mantenimiento de las carreteras se gasten de forma inteligente (p. 11). Por todo lo mencionado la presente tesis se basará en la evaluación del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec por el método Pavement Condition Index (PCI) en el distrito de San Antonio, con este método se analizará los daños, su severidad y magnitud con el fin de calificar y clasificar su estado.

## **1.1. Realidad problemática**

Los pavimentos han sido construidos como una solución al transporte, con el fin de brindar un mejor tránsito para su población con comodidad y seguridad, estas estructuras comenzaron a implementarse en el año 1865 en Escocia y después de algunos años en 1920 en el Salvador, hasta que en 1922 esta tecnología llega a nuestro país dando origen al pavimento en Lima implementándose en la Avenida Alfonso Ugarte, la cual fue construida con las técnicas más avanzadas de aquellos años, de la misma manera se construyeron algunas vías importantes como la Avenida Venezuela y el tramo de Chosica a la carretera Central.

Una red vial es fundamental para el desarrollo de un país por la ventaja que brinda, de ser el único modo que hace posible el transporte de cargas y personas. En la actualidad en gran cantidad de los países de América se presentan muchos problemas de consideración en el área de infraestructura vial, esto sucede en todos los países. En todo Estados Unidos cientos de kilómetros de carreteras se encuentran en descomposición causando diversos problemas en el tránsito vehicular, siendo Illinois y Connecticut las peores carreteras que tiene el país americano (Busbud, 2015).

La red vial de un país permite satisfacer muchas necesidades básicas primordiales que tienen relación con algunas actividades económicas de la población ayudando en el sistema de alimentación, salud, educación y trabajo. Por tal motivo es fundamental que un país aumente el alcance de su sistema vial por ser indispensable para su desarrollo socioeconómico; ya que si el sistema de vías de comunicación no se encuentra en condiciones convenientes para que sus habitantes satisfagan sus necesidades básicas esto generara mayores costos. Los estadounidenses gastan en reparaciones de sus vehículos un promedio de 1000 dólares anuales causados por el mal estado de las carreteras, al pasar sobre baches grandes dañan la suspensión y dirección (Corwin, 2013).

La realidad del estado de los pavimentos de la infraestructura vial de la comunidad de Jicamarca y en general en todo el Perú y América es lamentable por su deterioro y falta de conservación; en general los pavimentos después de su construcción son olvidados por las autoridades correspondientes.

La Comunidad de Jicamarca pertenece al distrito de San Antonio, la provincia de Huarochirí y departamento de Lima es un pueblo joven creado en el año 1999. Esta comunidad por ser joven no cuenta con muchos servicios básicos para mejorar su calidad de vida, solo cuenta con el servicio público de electricidad; el servicio de agua es abastecidos

a través de cisternas municipales la cual tiene un costo mayor en comparación al costo de las empresas prestadoras de este servicio y al no tener sistemas de alcantarillado se ven en la necesidad de utilizar pozos sépticos o silos. Además de no contar en muchas de sus áreas públicas con veredas y vías asfaltadas.

La comunidad de Jicamarca Anexo 22 ha estado sujeto a un crecimiento impresionante y desordenado en los últimos años por ello no se cuenta con un Plan Urbano correctamente definido y esto está afectando un adecuado desarrollo integral; además su progreso está limitado por la corrupción que existe entre sus autoridades por el tráfico de terrenos.

La población promedio estimada es de 25 mil habitantes, teniendo un crecimiento estimado de 17 mil habitantes en la última década; en consecuencia, ha sufrido un aumento de tránsito impresionante que a través de los años ha deteriorado los pavimentos, estos deterioros son presentados a través de grietas, baches y deformaciones provocando inseguridad, incomodidad y pérdidas económicas en su población.

El centro poblado de Jicamarca no tiene muchas vías de acceso y son pocas las que están asfaltadas, además que, la avenida Inca Pachacutec es el único ingreso a la comunidad de Jicamarca, por tal motivo, soporta todas las cargas vehiculares diarias. A demás que la avenida mencionada no tuvo estudios técnicos para su ejecución ya que fue construida empíricamente por su población.

Un factor importante que influye en la corta vida útil de un pavimento es que cuando se ejecutan estas estructuras en asentamientos humanos y áreas geográficas apartadas de la ciudad, lo realiza la misma población, lo que conlleva a que no se hagan los procedimientos constructivos necesarios y adecuados ya que muchas veces no se elaboran los estudios geotécnicos necesarios y lo trabajan en base a sus conocimientos obtenidos a través de su experiencia y esto conlleva a una mala compactación de la estructura del pavimento, utilización de materiales inadecuados o de mala calidad, mal sistema de drenaje y por eso se terminan deteriorando mucho tiempo antes de cumplir su periodo de servicio.

Para evitar el deterioro de los pavimentos lo ideal es que con antelación se localice y calcule la magnitud de los daños y de esa manera las restauraciones sean actividades de conservación o mantenimiento, así se podrá reducir los gastos y recursos. Sin embargo, lo que ocurre en la comunidad de Jicamarca y en el resto del Perú es que las autoridades competentes no hacen ningún trabajo para conservar el pavimento solo dejan que se deteriore.

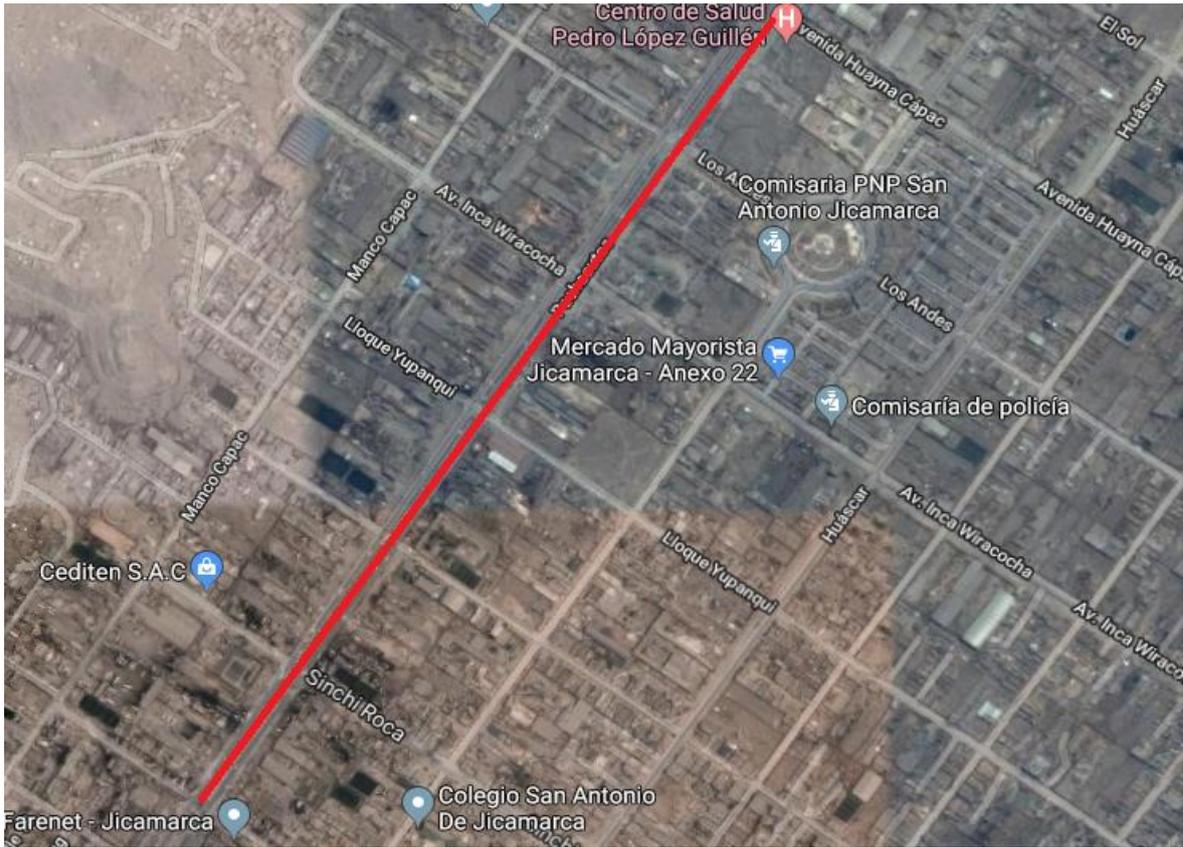


Figura 1. Avenida Inca Pachacutec – Jicamarca. Fuente: Google maps



Figura 2. Pavimento Flexible de estudio de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

## **1.2. Trabajos previos**

### **Antecedentes Internacionales**

Armijos (2014) en su trabajo de tesis tiene como objetivo general, evaluar las calles establecidas de Loja. La metodología utilizada es no experimental por ser solo con fines de evaluación. Dando por conclusión que en la avenida tomada como muestra, una vez realizada la evaluación el índice de Condición Presente (PCI) promedio se encuentra en un estado regular indicando que en esta vía se deberá considerar una rehabilitación por lo menos con bacheo en las zonas más críticas.

Díaz (2014) en su trabajo de tesis tiene como objetivo general, desarrollar una matriz en la que se propongan las actividades necesarias para la conservación del pavimento flexible de los resultados de la auscultación por el método del índice de condición del pavimento. La metodología utilizada es no experimental ya que solo consiste en la observación de las características más importantes del objeto en estudio. Dando por conclusión el logro una matriz de rehabilitación de la metodología PCI, la cual tiene mucha similitud en los conceptos y procedimientos propuestos en la Guía Metodológica de Rehabilitación de pavimentos asfálticos del INVIAS; además resaltan que la matriz generada por el investigador no pretende remplazar los ensayos que se deben realizar en cada caso en específico ya que su alcance se presenta se presenta para los resultados obtenidos en este proyecto.

Hulcapi y Pucha (2015) su trabajo de tesis tiene como objetivo general, comparar los resultados obtenidos de la evaluación superficial visual realizada en vías urbanas García Moreno y Panamericana Sur de Villa la Unión por las metodologías PCI y VIZIR y de esta manera conocer la metodología que mejor se ajusta en realidad de las condiciones del pavimento para poder proponer el tratamiento adecuado que debe realizarse para cada una de las vías urbanas a evaluarse. La metodología utilizada es no experimental ya que solo consiste en la observación de las unidades de muestra. Dando por conclusión que el estado físico de la avenida analizada es deficiente, provocado por varios factores como tráfico, clima y agua. Ya que no cuenta con un drenaje adecuado por la inexistencia de cunetas sumideros y la presencia de estancamientos de agua provocando un deterioro prematuro de la vía. Además, no posee una señalización horizontal y vertical adecuada para evitar accidentes de tránsito y brindar seguridad a los usuarios. Dando como consecuencia una vía en estado físico deficiente porque la calidad de manejo es notablemente mala y que necesita una intervención de reconstrucción al pavimento flexible.

## **Antecedentes Nacionales**

Domínguez (2014) su trabajo de tesis tiene como objetivo general determinar cómo afectan a los usuarios las anomalías patológicas encontradas en la superficie del pavimento flexible de la calle Loreto, desde la cuadra cuatro hasta la seis en la ciudad de Piura. La metodología a usar es descriptivo no experimental porque la evaluación se realizará visualmente y personalizada de las unidades de muestras de la calle Loreto de la cuadra 4 a la 6, procesando los datos de forma manual. Dando por conclusión que después de haber determinado la condición del pavimento en estudio, nos dio un resultado de PCI bueno con un valor de 61. Además, comenta que las patologías más encontradas en las unidades de muestreo fueron las grietas de borde con un nivel de severidad alto, las grietas longitudinales y transversales con un nivel de severidad alto y los parches con un nivel de severidad bajo. Finalmente haciendo la recomendación de aplicar trabajos de mantenimiento para las unidades de muestra que tienen un valor PCI malo.

Rabanal (2014) su trabajo de tesis tiene como objetivo general analizar el estado de conservación del pavimento flexible utilizando el método PCI en la avenida Evitamiento Norte. El tipo de metodología utilizada descriptivo no experimental porque se estudió, analizó y detalló, la realidad en esa actualidad de la muestra, sin alterarla. Dando por conclusión que después de haber evaluado la vía en estudio por el método del índice de condición del pavimento flexible nos da un resultado de 49, esto quiere decir que la vía se encuentra en condición regular. Además, menciona que las fallas que más afectan al pavimento flexible evaluado son los huecos, las grietas longitudinales, transversales, piel de cocodrilo y agrietamiento en bloque.

Robles (2015) su trabajo de tesis tiene como objetivo general evaluar las patologías del pavimento flexible usando la norma ASTM D6433-07 en la avenida Pedro de Osma de la cuadra 1 hasta la 8 y la Av. Prolongación de la Castellana desde la cuadra 10 hasta la 11 para poder obtener el Índice de Condición de Pavimento. El método utilizado es no experimental de tipo descriptivo, donde se analizó los tipos de fallas, severidad y extensión de la superficie de las vías en estudio. Dando por conclusión que si bien la metodología PCI nos permite en forma práctica evaluar y conocer las severidades de las fallas en el pavimento para poder realizar los trabajos de reparación o mantenimiento de la carpeta asfáltica; también se debería realizar una evaluación destructiva según los resultados de la condición en la que se encuentre el pavimento con el fin de obtener resultados exactos de la condición de su estructura.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

El pavimento es una estructura constituida por capas superpuestas una sobre otras relativamente horizontales. Estas estructuras son diseñadas y ejecutadas para resistir todos los esfuerzos provocados por el tránsito vehicular durante su periodo de servicio (Rico, 2005, p. 11).

#### **Pavimento flexible.**

Los pavimentos flexibles se construyen con varias capas de material granular natural cubierto con una o más capas de superficie bituminosas impermeables, y como su nombre lo indica, se considera flexible. Un pavimento flexible se flexionará bajo la carga de un neumático. El objetivo del diseño de un pavimento flexible es evitar la flexión excesiva de cualquier capa, si no se logra, se producirá un sobre esfuerzo de una capa, lo que finalmente hará que el pavimento falle. En pavimentos flexibles, el patrón de distribución de carga cambia de una capa a otra, porque la resistencia de cada capa es diferente. El material más fuerte (menos flexible) está en la capa superior y el material más débil (el más flexible) está en la capa más baja. La razón de esto es que en la superficie la carga de la rueda se aplica a un área pequeña, el resultado es altos niveles de tensión, más profundo en el pavimento, la carga de la rueda se aplica a un área más grande, el resultado es niveles de estrés más bajos que permiten el uso de materiales más débiles (Thom, 2011, p. 24).

#### **Variable 1: Evaluación del estado funcional del pavimento flexible**

Existen varios métodos normados que nos ayudan a evaluar el estado superficial de los pavimentos, los cuales son relativamente sencillos y se pueden hacer a mano o con la ayuda de una hoja de cálculo o algún software. Dado que cada clase de falla en la superficie del pavimento indica un tipo diferente de problema, algunos más graves y otros menos, a cada falla se le asigna una severidad para reflejar su importancia en el estado del pavimento. El inspector también califica la calidad del viaje a la velocidad indicada (Tawalare & Vasudeva, 2016, p. 448).

Una evaluación de un pavimento flexible sirve para elaborar un informe técnico donde se describe verbalmente las características de la condición de la superficie del pavimento; de tal modo que se pueda intervenir de ser necesario. La importancia de la evaluación del pavimento radica en determinar la severidad de las fallas de manera que se pueda intervenir y tomar las medidas necesarias para prolongar la vida útil de la vía. Además,

se podrá brindar a los usuarios un servicio óptimo, siendo esta la principal función de un pavimento.

### **Seguridad.**

La seguridad significa estar libre de todo daño, amenaza, peligro o riesgo, sin embargo, por las múltiples fallas que tienen los pavimentos hace que se corra el riesgo de sufrir múltiples accidentes de tránsito.

La Asociación de Víctimas de Accidentes de Tránsito (Aviactran) indica en un estudio que en zonas urbanas de Lima se encuentra un promedio de ocho baches por cada kilómetro recorrido.

Pooja & Hariharan (2017) dice: “Además del confort de conducción, el otro requisito de un usuario es la seguridad, especialmente en condiciones húmedas ya que puede existir pérdida de fricción entre el vehículo y el pavimento. Por lo tanto, un pavimento debe proporcionar suficiente fricción superficial y textura para garantizar la seguridad del usuario en todas las condiciones” (p. 41).

### **Comodidad.**

La comodidad de tránsito que deben tener los usuarios está relacionada al confort que le debe brindar el pavimento. Para que los usuarios se sientan cómodos, la superficie de rodadura debe de estar en perfectas condiciones.

Kordi & Wahab (2012, p. 90), refiere que “una superficie de conducción suave de baja rugosidad, es esencial para la comodidad de conducción, y con los años se ha convertido en la medida de cómo los usuarios de la carretera perciben un camino; la aspereza puede surgir de una serie de causas, pero la mayoría de las veces se debe al desgaste del pavimento debido a la deformación estructural”.

Velocidad de tránsito.

Los deterioros y deformaciones de la capa de rodadura ocasionada por fallas afectan la calidad de rodaje por ende por motivos de las irregularidades de la superficie de rodadura es necesario reducir la velocidad de tránsito para estar seguros.

Existen algunos métodos sencillos de aplicar utilizados para evaluar el estado funcional de los pavimentos sin la necesidad de utilizar equipos costosos.

La herramienta más importante en la evaluación de pavimentos flexibles es la inspección visual ya que al ser toda la evaluación de forma observable es esencial en todo el proceso. El pavimento se evaluará en dos etapas: la primera será la inspección visual

inicial y la segunda la inspección visual detallada las cuales están especificadas más adelante (Gutiérrez, 2006, p. 63).

### **Dimensión 1: Trafico vial**

Se conoce como el flujo de vehículos en una vía, este es estudiado para cuantificar y clasificar el volumen diario de los vehículos que transitan por una determinada vía. La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con precisión, para planificar y diseñar un pavimento (Manual de carreteras, 2013, p. 62).

### **Estudio de trafico**

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial en estudio, además de la demanda volumétrica actual, deberá conocerse la clasificación por tipo de vehículos. El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual, información que el MTC dispone y puede proporcionar de los registros continuos que obtiene actualmente en las estaciones existentes de peaje y de pesaje del propio MTC y de las correspondientes a los contratos de concesiones viales (Manual de carreteras, 2013, p. 63).

La información directa requerida para los estudios del tráfico en principio con objetivos más precisos, se conformará con muestreos orientados a calcular el IMDA del tramo, empezando por la demanda volumétrica actual de los flujos clasificados por tipos de vehículos en cada sentido de tráfico. La demanda de Carga por Eje, y la presión de los neumáticos en el caso de vehículos pesados guardan relación directa con el deterioro del pavimento (Manual de carreteras, 2013, p. 63).

### **Dimensión 2: Fallas Superficiales**

Las fallas superficiales son aquellas ubicadas en la carpeta asfáltica, por diversos factores, en algunos casos están relacionados con la estructura del pavimento, sin embargo, algunas soluciones a estas fallas se efectúan regularizando la superficie del pavimento y conferirle la rugosidad e impermeabilidad necesaria (Gutiérrez, 2006, p. 51).

El autor Gamboa (2009, p. 18) define las fallas superficiales del pavimento como el conjunto de daños que reducen su condición funcional y suelen ser de origen diferente, los más comunes son:

- Incremento de cargas vehiculares
- Diseño deficiente
- Construcción deficiente

- Factores climáticos
- Falta de mantenimientos

Estas fallas pueden dividirse en:

De acuerdo a Sánchez (2009) las fallas superficiales se clasifican de la siguiente manera:

- Agrietamientos.
- Deformaciones.
- Desprendimientos.
- Otros tipos de deterioros.

### **Dimensión 3: Índice de Condición del Pavimento.**

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es la calificación numérica asociada a la condición del pavimento flexible, esta calificación puede variar de 0 a 100, de esta manera se podrá clasificar el pavimento flexible siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor (ASTM D6433-16, 2016, p. 6).

Tabla1

*Índice de Condición del Pavimento (PCI)*

<b>Índice de condición del pavimento</b>	<b>Calificación</b>
86 - 100	Excelente
70 - 86	Muy Bueno
56 - 70	Bueno
40 - 56	Regular
25 - 40	Malo
10 - 25	Muy Malo
0 - 10	Fallado

*Fuente:* ASTM D6433-16 (2016)

### **Variable 2: Metodología PCI**

La metodología PCI consiste en a través de inspecciones visuales de la superficie del pavimento poder clasificar su condición donde se detectará e identificará el tipo de falla, su severidad y extensión. Una vez obtenida la información de las inspecciones en las fichas de registro, se procede con el trabajo de gabinete siguiendo la metodología indicada en la norma ASTM D6433-16, con el que se determinará el índice que cuantifique la condición de la vía;

indica la clasificación del pavimento que puede ser desde excelente hasta fallado (Hajek, Phang, Prakash & Stott, 1988, p. 76).

La metodología PCI para carreteras y estacionamientos se desarrolló entre los años 1974 y 1976 a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos con el propósito de generar un sistema que permita administrar los trabajos necesarios para la conservación de los pavimentos. Esta metodología es considerada el mejor procedimiento de evaluación y calificación de los pavimentos, el cual fue aceptado como procedimiento estandarizado y publicado por la Asociación Americana de Ensayos y Materiales (ASTM D6433-16, 2016, p. 4).

Considerado el mejor método de evaluación, ya que evalúa y califica objetivamente los pavimentos y ha sido publicada como un método de análisis y aplicación estandarizado

El cálculo del Índice de Condición del Pavimento está fundamentado por los resultados obtenidos a través de la inspección visual de la superficie del pavimento. Este método fue desarrollado básicamente para obtener un índice integral de la condición operacional de su superficie y además para establecer un valor que cuantifique como se encuentra el pavimento para realizar trabajos necesarios para cumplir su vida de servicio.

La principal ventaja del procedimiento PCI es básicamente su facilidad de empleo ya que no requiere equipos especiales para evaluar, es totalmente de inspección visual, ofrece confiabilidad en sus resultados (Gutiérrez, 1994, p. 18).

Las fallas consideradas para evaluar mediante la metodología PCI es un conjunto de diecinueve las cuales son las causantes del deterioro del pavimento flexible.

Rabanal (2014) afirma: “Para conseguir evaluar un pavimento es importante que la persona encargada de la evaluación conozca perfectamente cuales son los tipos de falla, su severidad y su medición, las cuales están establecidos en la norma ASTM D6433. Los tipos de fallas que suelen encontrarse con regularidad son del tipo piel de cocodrilo, agrietamiento longitudinales y transversales, huecos, grietas de borde y desprendimiento de agregados grueso” (p.160).

### **Dimensión 1: Factores de evaluación.**

Los factores de evaluación son debidamente detallados en las fichas de colección de datos en el trabajo de campo, estos datos están basados en la clase, severidad y extensión de las fallas (Vásquez, 2006).

### **Clase.**

La clase de la falla está vinculada con la naturaleza del deterioro encontrado en la superficie del pavimento flexible, el PCI evalúa mediante 19 fallas en el pavimento flexible entre las que se tiene grietas de borde, desnivel de carril berma, parches, huecos, piel de cocodrilo, entre otros, los cuales están descritos más adelante (ASTM D6433-16, 2016, p. 10).

### **Severidad.**

La severidad de las fallas revela cual es el nivel de daño o deterioro y su progresión, por lo tanto, mientras la severidad sea más alta, es fundamental tomar las acciones necesarias para corregirlo. Tomando en cuenta lo mencionado se describe tres niveles de severidad que ayudarán a establecer el grado de las fallas (ASTM D6433-16, 2016, p. 10).

- Bajo (B): El usuario percibe pequeñas vibraciones en el vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad para un tránsito cómodo y seguro. Además, se percibe un insignificante rebote del vehículo que no genera incomodidad.
- Medio (M): El usuario percibe algunas vibraciones del vehículo importantes y requiere reducir la velocidad por comodidad y seguridad. Además, se percibe un rebote significativo que genera incomodidad.
- Alto (A): El usuario percibe vibraciones excesivas en el vehículo que hace necesaria la reducción significativa de velocidad por comodidad y seguridad. Además, percibe un excesivo rebote del vehículo generando una importante incomodidad o daño al vehículo.

### **Extensión.**

La extensión es la medida del área o longitud de cada una de las fallas; en la evaluación del pavimento flexible esta extensión está relacionada a la cantidad de fallas encontradas del mismo tipo en la misma sección (ASTM D6433-16, 2016, p. 10).

### **Tipos de fallas en pavimentos flexibles**

Se entiende por patología del pavimento o falla al conjunto de daños que presenta un pavimento y que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, frecuentemente estas fallas se presentan debido a un mal diseño o defectos constructivos.

A continuación, se explican las 19 fallas en pavimentos flexibles consideradas en el método PCI.

#### ***Grietas tipo piel de cocodrilo.***

Son grietas interconectadas originadas por fatiga de la carpeta asfáltica bajo la repetición de cargas vehiculares. Esta falla inicia en el fondo de la carpeta asfáltica ya que los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensiones son mayores (ASTM D6433-16, 2016, p. 11).



*Figura 3: Grieta tipo Piel de Cocodrilo. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Exudación.***

Se presenta como una película de material bituminoso en la superficie de la carpeta asfáltica, la cual muestra una superficie pegajosa y brillante. Por lo general ocurre por un exceso de asfalto, en épocas de temperaturas altas y el asfalto se expande hacia la superficie (ASTM D6433-16, 2016, p. 12).



*Figura 4: Exudación. Fuente: Pavement Surface Condition Field Rating Manual for Asphalt Pavement. Washington State, 2013.*

### ***Agrietamiento en bloque.***

Son grietas conectadas entre sí que dividen el pavimento en secciones casi rectangulares de tamaños que varían entre 0.30 m a 3 m. Es originada por la contracción del concreto asfáltico

por los cambios de temperatura climáticas y esto indica que el asfalto está endurecido (ASTM D6433-16, 2016, 2011, p. 13).



*Figura 5: Agrietamiento en bloque. Fuente: Pavement Surface Condition Field Rating Manual for Asphalt Pavement. Washington State, 2013.*

#### ***Abultamiento y Hundimiento.***

Son pequeños desplazamientos hacia arriba en pavimentos inestables, localizados en la superficie. Otras causas suelen ser la expansión por congelación, infiltración y evaluación del material en grietas combinadas con cargas de tránsito. Los hundimientos son pequeños desplazamientos hacia debajo de la superficie del pavimento (ASTM D6433-16, 2016, p. 13).



*Figura 6: Abultamiento y Hundimiento. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Corrugación.***

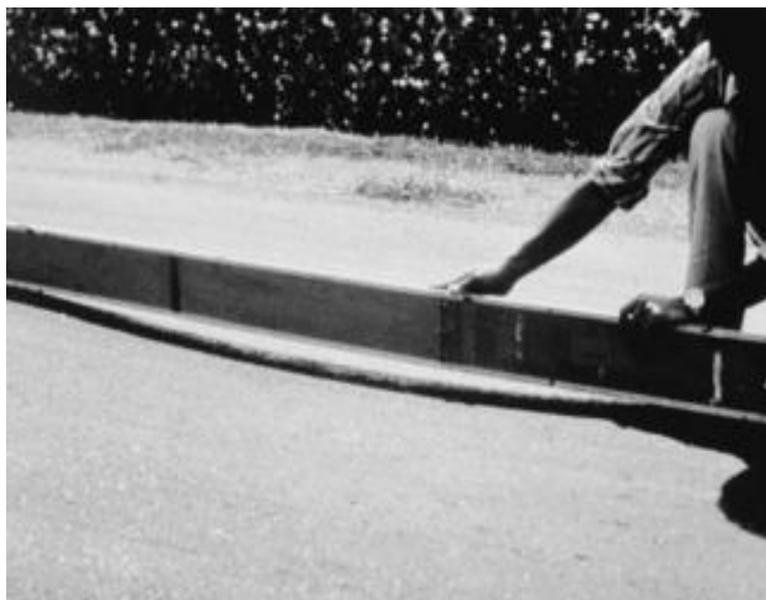
Es una serie de depresiones y cimas que están separados a menos de 3 metros. Estas cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito y su origen es causado por una base inestable (ASTM D6433-16, 2016, p. 14).



*Figura 7: Corrugación. Fuente: Standard Practice for Roads and Parking Lost Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania, 2016.*

### ***Depresión.***

Son áreas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. Esta es causada por el asentamiento de la subrasante o construcción incorrecta (ASTM D6433-16, 2016, p. 14).



*Figura 8: Depresión. Fuente: Standard Practice for Roads and Parking Lost Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania, 2016.*

### ***Grieta de borde.***

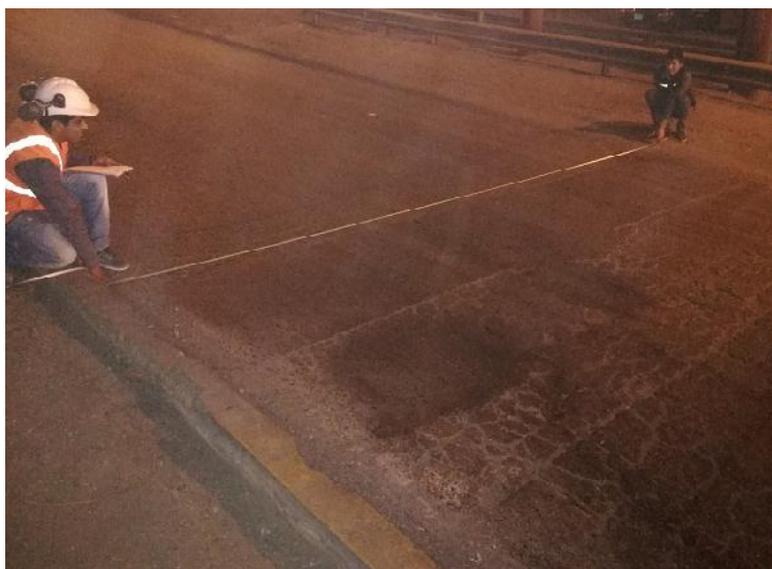
Son Grietas ubicadas en el borde del pavimento. Estas son causadas por debilitamiento de la subrasante o base y cargas de tránsito al borde del pavimento (ASTM D6433-16, 2016, p. 15).



*Figura 9:* Grieta de borde. *Fuente:* Elaboración propia.

### ***Grietas de reflexión de juntas.***

Esta falla solo ocurre en pavimentos de superficie asfáltica construido sobre una losa de concreto. Las grietas son generadas por el movimiento de la losa de concreto o por temperatura o humedad. Estas fallas no están relacionadas con los esfuerzos de tránsito sin embargo pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de las grietas (ASTM D6433-16, 2016, p. 16).



*Figura 10:* Grieta de reflexión de junta. *Fuente:* Elaboración propia.

### ***Desnivel carril / berma.***

Es la diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la berma, esto ocurre por la erosión o asentamiento de la berma (ASTM D6433-16, 2016, p. 17).



*Figura 11:* Desnivel carril / berma. *Fuente:* Elaboración propia.

### ***Grietas longitudinales y transversales.***

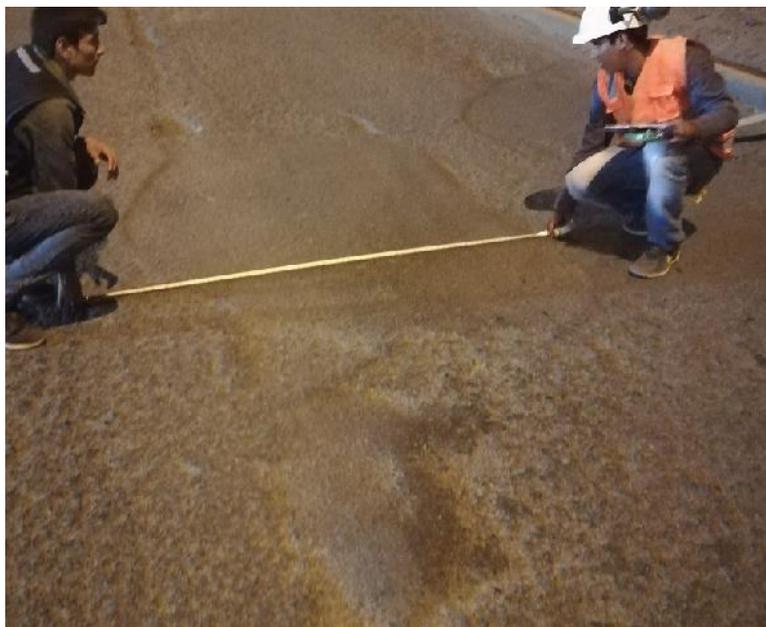
Son grietas transversales y longitudinales ubicadas en la superficie del pavimento. Suelen aparecer por juntas de carril pobres, contracción del concreto asfalto y usualmente esta falla no está asociada con la aplicación de cargas de tránsito (ASTM D6433-16, 2016, p. 17).



*Figura 12:* Grietas longitudinales y transversales. *Fuente:* Elaboración propia.

### ***Parcheo.***

Es un área del pavimento remplazada por otro ya sea por mantenimiento o trabajos realizados. Esta falla siempre se considera un defecto sin importar lo bien que esté hecho ya que el área remplazada nunca se comporta igual que la sección original (ASTM D6433-16, 2016, p. 18).



*Figura 13: Parcheo. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Pulimento de agregados.***

Esta falla es causada por la repetición de las cargas de tránsito. La superficie del pavimento pierde rugosidad, es suave al tacto y pierde considerable adherencia con las llantas del vehículo (ASTM D6433-16, 2016, p. 19).



*Figura 14: Pulimento de agregados. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Huecos.***

Son pequeñas depresiones con diámetros menores a 0.90 m ubicados en la superficie del pavimento, esta falla se extiende por la acumulación de agua dentro del mismo. Son originados cuando los vehículos desprenden pequeños pedazos de pavimento debido a mezclas pobres en la superficie, zonas débiles en la subrasante o base. Esta falla está asociada a la condición estructural del pavimento (ASTM D6433-16, 2016, p. 20).



*Figura 15: Huecos. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Cruce de vía férrea.***

Esta falla está relacionada al cruce de una vía férrea, se presenta a través de depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles (ASTM D6433-16, 2016, p. 20).



*Figura 16: Cruce de vía Férrea. Fuente: Elaboración propia.*

### **Ahuellamiento.**

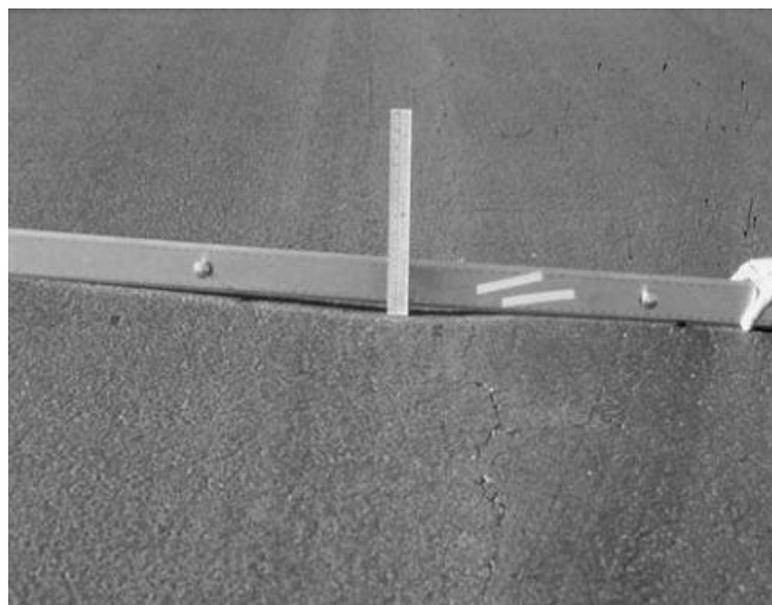
Son depresiones o levantamientos a lo largo de las huellas de las ruedas vehiculares en la superficie del pavimento. Esta falla es originada por las cargas de tráfico que deforman permanentemente alguna de las capas de la estructura por movimiento lateral de los materiales y es considerada una falla estructural importante (ASTM D6433-16, 2016, p. 21).



*Figura 17: Ahuellamiento. Fuente: Pavement Surface Condition Field Rating Manual for Asphalt Pavement. Washington State, 2013.*

### **Desplazamiento.**

Es un corrimiento permanente longitudinal de una sección, ubicada en la superficie del pavimento. Esta falla está producida por las cargas de tránsito que empujan contra el pavimento y producen una onda corta y abrupta en la superficie. Usualmente esta falla ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquidas inestables o cuando un pavimento de concreto de cemento Portland confina con uno asfáltico y el de cemento Portland incrementa su longitud causando el desplazamiento (ASTM D6433-16, 2016, p. 22).



*Figura 18: Desplazamiento. Fuente: Standard Practice for Roads and Parking Lost Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania, 2016.*

### ***Grietas Parabólicas.***

Son grietas con forma de media luna, ubicadas en la superficie del pavimento. Estas fallas son originadas por el frenado o cuando giran los vehículos inducen la deformación y deslizamiento de la superficie o mezclas asfálticas de baja resistencia (ASTM D6433-16, 2016, p. 22).



*Figura 19: Grietas parabólicas. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Hinchamiento.***

El hinchamiento es caracterizado por un pandeo hacia arriba de la superficie del asfalto. Esta falla está originada por la solidificación en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos y usualmente se presenta con agrietamientos (ASTM D6433-16, 2016, p. 23).



*Figura 20: Hinchamiento. Fuente: Elaboración propia.*

### ***Desprendimiento de Agregado.***

Es la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado. Esta falla es causada por mezclas de pobre calidad, porque el ligante asfáltico se ha endurecido o por cierto tránsito de vehículos (vehículos de orugas) que generan desprendimiento (ASTM D6433-16, 2016, p. 23).



*Figura 21:* Desprendimiento de agregados. *Fuente:* Elaboración propia.

### **Dimensión 2: Estimación del valor PCI.**

La Estimación del valor PCI se lleva a cabo en dos etapas:

#### **Trabajos de campo**

El trabajo de campo comprende la primera etapa y es elemental en cualquier investigación, que consiste en la obtención de información a través de las diferentes técnicas de recolección de datos.

#### **Inspección inicial.**

Es la primera inspección visual realizada al pavimento en evaluación con la que se obtiene la información general de la investigación., con esto se podrá definir los límites de las secciones homogéneas, las cuales deberán de tener características similares como los tipo y niveles de las fallas o dividir el pavimento tomando de referencia puntos singulares de fácil identificación , de tal forma se generarán secciones de serán analizados minuciosamente en la etapa siguiente de inspección visual detallada (ASTM D6433-16, 2016, p. 5).

Generalmente la inspección inicial se ejecuta trasladándose en un automóvil por la vía en evaluación a una baja velocidad.

Inspección detallada.

Es la segunda inspección visual realizada al pavimento en evaluación, consiste en realizar las medidas de todas las fallas detectadas en todas las unidades de muestra y apuntarlas en las fichas correspondientes (ASTM D6433-16, 2016, p. 5).

En esta etapa se anotará detalladamente las características de las fallas que dañan la superficie del pavimento, y de ser necesario se anotarán observaciones adicionales que están relacionadas con el deterioro del pavimento como el estado del drenaje, aspectos geométricos y lo que el investigador crea necesario.

Las diferentes formas y tipos de fallas serán descritos en función de su severidad y localización, para posteriormente en el momento de fijar las estrategias de mantenimiento y rehabilitación tenga una herramienta importante establecida.

Las fallas se anotan en la planilla de la ASTM D6344 – 16 con sus progresivas y además se debe tener una base de fotos donde podamos identificar todas las fallas o situaciones especiales como antecedentes (ASTM D6433-16, 2016, p. 6).

Las cuantificaciones de las fallas encontradas en la superficie del pavimento evaluado servirán en la determinación de su clasificación.

### **Trabajos de gabinete**

Son las actividades de estudio y análisis de los datos recogidos o registrados mediante el trabajo de campo.

Calculo de los Valores Deducidos (DV)

- Se suman todos los tipos de daño para cada nivel de severidad.
- Dividir la totalidad de cada tipo de falla entre el área total de la sección de muestra y colocarlo en porcentaje para tener la densidad del daño.
- Determinar a cada tipo de falla su valor deducido con las curvas de Valor Deducido de Daño de la norma ASTM D6433-16.

*Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m):*

- Para obtener el “valor deducido corregido” (VDC), se seguirán los siguientes pasos:
- Agrupar en una lista los valores deducidos individuales en orden descendente.
- Para calcular la cantidad de “Número máximo de valores deducidos” (m), se utiliza la ecuación 1.

$$m_i = 1.00 + 9/98 (100 - HDV1) \text{ ecuación 1}$$

Donde:

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

HDV1: El mayor valor deducido individual de la unidad de muestreo  $i$ .

- El número de valores individuales deducidos se reduce a “ $m$ ”. Si se dispone de menos valores deducidos que “ $m$ ” se utilizará todos los que se tengan.

Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso:

- Determine la cantidad de valores deducidos mayores que 2.
- Calcular el “Valor Deducido Total” sumando los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección.
- Reducir a 2.0 el menor de los Valores Deducidos individuales que sean mayores a este y repita esta etapa hasta que  $q$  sea igual a 1.

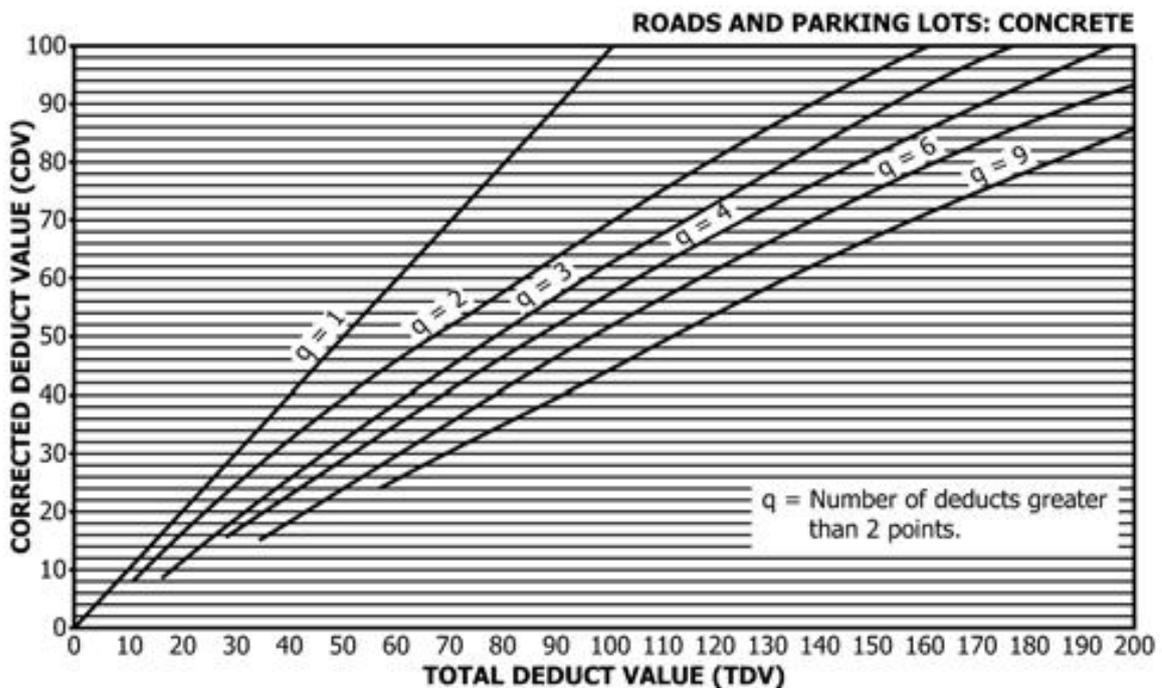


Figura 22: Curva de Valor Deducido Corregido. Fuente: Norma ASTM D6433-16.

Cálculo del PCI para cada unidad de muestra

$$PCI = 100 - \text{Max. CDV} \text{ ecuación 2}$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido.

PCI = Índice de condición de pavimento.

### **Dimensión 3: Condición del pavimento.**

Es la descripción verbal de la condición del pavimento en función al valor del índice de condición del pavimento el cual varía según su calificación de excelente ha fallado (ASTM D6433-16, 2016, p. 3).

Todo pavimento se deteriora, cuando está en operación y presenta diferentes condiciones de servicio a través de su vida útil, los daños pueden ser mínimos al iniciar su función, pero con el tiempo si no se realizan los trabajos de conservación y mantenimientos necesarios probablemente sean más graves afectando su condición de servicio.

Tabla 2

*Clasificación de la condición del pavimento*

<b>Clasificación del PCI</b>	<b>Intervención en el pavimento</b>
100-85	Mantenimiento Preventivo
85-65	Mantenimiento Preventivo – Rutinario -Periódico
60-40	Mantenimiento correctivo
40-25	Rehabilitación – refuerzo estructural
Menor a 25	Rehabilitación – Reconstrucción

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **Intervención en el pavimento.**

El nivel de intervención está relacionado con el grado del daño del pavimento y dependiendo de esta clasificación se procede a los trabajos necesarios para su buen funcionamiento ya sea intervención sencilla para su conservación, mantenimientos rutinarios o una intervención más relevante y costosa como sería la rehabilitación o reconstrucción.

El método PCI puede ayudar a identificar los puntos gatillo para el mantenimiento preventivo que puede detener el deterioro de un pavimento, o hasta el punto de que necesita una costosa rehabilitación. Como regla general, cuanto mayor sea el PCI, mejor será el estado de la carretera (Hein & Watt, 2005, p. 12).

#### **Mantenimiento vial.**

Es una serie de actividades realizadas con el propósito de mantener en buen estado las condiciones físicas del pavimento, bermas, drenaje, entre otras.

El rendimiento del pavimento depende de cuándo y cómo se realiza los mantenimientos. No importa qué tan bien se construya un pavimento, se deteriorará con el tiempo. El momento del mantenimiento es muy importante, si se permite que un pavimento

se deteriore hasta un estado muy malo el costo de reparación será mucho más costosa en comparación al costo mínimo, si la carretera se hubiera reparado cuando presentaba sus primeros daños (Oliveira, Jasnau & Lobato, 2010, p. 83).

Tabla 3

*Matriz para mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible*

<b>Tipo de falla</b>	<b>und</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
Piel de cocodrilo	m2	No se hace nada, sello superficial, sobre carpeta.	Parcheo parcial o en toda la profundidad, sobre carpeta, reconstrucción.	Parcheo parcial o en toda la profundidad, sobre carpeta, reconstrucción.
Exudación	m2	No se hace nada.	Se aplica arena/ agregados y cilindrado.	Se aplica arena/ agregados y cilindrado
Agrietamiento en bloque	m2	Sello de grietas con ancho mayor a 3.0 mm Riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.
Abultamientos y Hundimientos	m	No se hace nada.	Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.	Reciclado (Fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobre carpeta.
Corrugación	m2	No se hace nada.	Reconstrucción.	Reconstrucción.
Depresión	m2	No se hace nada.	Parcheo superficial, parcial o profundo.	Parcheo superficial, parcial o profundo.
Grieta de Borde	m	No se hace nada. Sellado de grietas	Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.	Parcheo parcial - profundo.
Grietas de reflexión de junta.	m	Sellado para anchos superiores a 3.0 mm	Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.	Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.
Desnivel Carril/berma	m	Re nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.	Re nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.	Re nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
Grieta Longitudinal y Transversal	m	No se hace nada.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas. Parcheo parcial.

		Sellado de grietas		
Parqueo	m2	No se hace nada.	No se hace nada. Sustitución del parche.	Sustitución del parche.
Pulimento de agregados	m2	Tratamiento superficial. Fresado y sobre carpeta	Tratamiento superficial. Fresado y sobre carpeta	Tratamiento superficial. Fresado y sobre carpeta
Huecos	Und	No se hace nada.	Parqueo parcial o profundo.	Parqueo profundo.
Cruce de vía férrea	m2	No se hace nada.	Parqueo parcial. Reconstrucción del cruce.	Parqueo superficial o parcial. Reconstrucción del cruce.
Amueblamiento	m2	No se hace nada. Fresado y sobre carpeta	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobre carpeta.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobre carpeta.
Desplazamiento	m2	No se hace nada, fresado.	Fresado. Parqueo parcial o profundo.	Parqueo superficial, o profundo. Fresado y sobre carpeta.
Grietas parabólicas	m2	No se hace nada.	Parqueo parcial.	Parches parcial.
Hinchamiento	m2	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.
Desprendimiento de agregados.	m2	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. / Parqueo parcial.	Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Reciclaje. Reconstrucción. / Parqueo parcial.

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **1.4. Formulación del problema**

Según la realidad problemática presentada, se planteó los siguientes problemas de investigación.

##### **Problema general**

- ¿Cómo evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?

##### **Problema específico**

- ¿Cómo interviene el tráfico vial en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?

- ¿Cómo influyen las fallas superficiales en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?
- ¿Qué incidencia tiene el índice de condición del pavimento en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?

### **1.5. Justificación del estudio**

El presente proyecto se justifica por la actual realidad de la población en estudio. Jicamarca cuenta con un promedio estimado de 25 mil habitantes y siendo la avenida Inca Pachacutec la principal y única vía de acceso, esta debería encontrarse en condiciones óptimas para poder brindar un transporte seguro y con comodidad. Takeuch (2014) menciona que las vías de muchas ciudades tienen baches que parecen cráteres y esto representa un verdadero peligro para todos los usuarios porque muchas veces son causales de diversos accidentes de tránsito. Por tal razón al encontrarse actualmente las vías principales de Jicamarca deterioradas, es requerido una auscultación para detectar las principales fallas que la afecta y su posible solución.

#### **Justificación teórica.**

Es justificable teóricamente esta investigación ya que la evaluación del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec está realizada con teorías y normas internacionales; de esta manera se describe verbalmente la condición funcional del pavimento y así poder realizar los trabajos necesarios correctivos. Hurtado (2007) menciona que el principal objetivo de una investigación es generar conocimientos y la solución de problemas.

#### **Justificación metodológica.**

Esta investigación es justificada metodológicamente porque está trabajado bajo un formato establecido en la Norma ASTM D6433-16 como instrumento de recolección de datos. A través de este formato se podrá recolectar datos de todas las fallas superficiales encontradas en el pavimento flexible que posteriormente servirán para determinar los resultados. ASTM D6433 (2016) menciona: “Esta práctica cubre la determinación de la condición del pavimento de caminos y estacionamientos por medio de inspecciones visuales usando el método del Pavement Condition Index (PCI) para cuantificar las condiciones del pavimento” (p.1).

#### **Justificación económica.**

Los resultados del presente trabajo tienen el propósito de dar a conocer la condición funcional del pavimento flexible en la avenida Inca Pachacutec y de esta manera plantear

una solución para que las autoridades correspondientes puedan tomar las medidas necesarias para solucionar este problema. De esta manera solucionar los gastos que genera un pavimento en mal estado en su población; al no estar en un estado correcto y al presentar deterioros como grietas, baches o deformaciones, ocasionan tráfico vehicular porque los conductores necesariamente tienen que reducir la velocidad para transitar o en el peor caso frenar inesperadamente lo cual puede ocasionar accidentes que terminen en tragedias mortales. Ya que, las carreteras son de mucha importancia en la sociedad; por sus ventajas en el traslado de bienes, servicios y personas, son muy importante en el progreso de un país, sobre todo en aquellos que sus redes viales impulsan su crecimiento socioeconómico (Corwin, 2013).

## **1.6. Hipótesis**

### **Hipótesis general**

- Es factible evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

### **Hipótesis específica**

- El tráfico vial interviene notablemente en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.
- Las fallas superficiales influyen significativamente en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.
- El índice de condición del pavimento incide significativamente en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

## **1.7. Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

### **Objetivos específicos**

- Especificar la intervención del tráfico vial en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.
- Especificar la influencia de las fallas superficiales en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.
- Estudiar la incidencia que tiene el índice de condición del pavimento en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Diseño de investigación**

### ***Diseño***

No experimental: Se estudia y evalúa el problema tal como se da en el contexto natural, sin ninguna intervención.

Los autores Fernández y Baptista (2010, p. 93) define el diseño como una investigación donde no se manipula deliberadamente las variables, quiere decir, que se trata de una investigación donde no hay intención de modificar las variables independientes.

### ***Nivel***

Descriptivo: Se especificara el análisis sobre la presente investigación, ya que solo se pretende detallar la realidad sin alterarle

### ***Tipo de estudio***

La investigación será aplicada ya que se hará uso de una Norma Internacional y teorías relacionadas a la ingeniería civil, con fines de evaluación.

### ***Enfoque***

El enfoque de esta investigación será cuantitativo ya que se utilizará formatos de observación recogidas en campo y al ser procesada nos dará los resultados especificados en la hipótesis.

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Variable**

Fernández y Baptista (2014) dicen: “Las variables son las propiedades que pueden variar y cuya variación son capaces de ser medidas u observadas” (p.105).

***Variable dependiente:*** Evaluación del estado funcional del pavimento flexible

Es aquella evaluación realizada en la superficie de un pavimento flexible con el objetivo de determinar los factores que lo afectan y en qué condición se encuentra.

***Variable Independiente:*** Metodología PCI

Es un método desarrollado para obtener la condición del pavimento a través de una inspección visual y de ese modo clasificarla, esta clasificación puede variar de excelente ha fallado.

### **Operacionalización de variables**

Es realizada con el fin de poder medir las variables, de modo que, pueda determinarse los elementos que intervienen en ella y poder obtener las dimensiones e indicadores correspondientes a cada una.

**Variable dependiente:** Evaluación del estado funcional del pavimento flexible.

*Definición Operacional*

Fernández y Baptista (2014) dice: “Es la descomposición de la variable en sub términos llamados indicadores que pueden ser verificables y mediables en ítems” (p.211).

**Variable Independiente:** Metodología PCI

*Definición Operacional*

Es una metodología que esta direccionada a la evaluación y calificación del pavimento flexible y rígido por medio de resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecieron clase, severidad y cantidad de cada daño presente.

Tabla 4

Matriz de Operacionalización

<b>Matriz de Operacionalización</b>					
<b>VARIABLE 1</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALAS Y VALOR</b>
Evaluación del estado funcional del pavimento flexible	“Es la evaluación realizada a la superficie del pavimento con el objetivo de determinar las fallas que afectan al pavimento y conocer la condición en que se clasifica. (ASTM D6433-16, 2016, p. 2)	Para esta variable se aplican un método sencillo que no requieren de equipos costosos, se realiza inspeccionando detalladamente las fallas presentadas en la superficie del pavimento flexible, guiándonos de la norma ASTM D6433-16	Trafico vial	Índice medio diario	Nominal
				Índice medio Semanal	
				Índice medio Anual	
			Fallas Superficiales	Agrietamientos	
				Deformaciones	
	Desprendimientos				
			Índice de Condición del Pavimento	100 - 71 - 57- 41-26- 11-0	
<b>VARIABLE 2</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	
Método PCI	Es un método desarrollado para obtener la condición del pavimento a través de una clasificación que puede variar de excelente ha colapsado. (Papagiannakis & Masad, 2012, p.14)	Es una metodología que esta direccionada a la evaluación y calificación del pavimento flexible y rígido por medio de resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecieron clase, severidad y cantidad de cada daño presente.	Factores de evaluación	Clase de fallas	
				Severidad de fallas	
				Extensión de fallas	
			Estimación del valor PCI	Trabajos de Campo	
				Trabajos de gabinete	
Condición del Pavimento	Calificación del pavimento				
	Clasificación del pavimento				

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Población y muestra

### Población.

Fernández y Baptista (2014) indican que la población es la totalidad de la muestra en investigación, estas se delimitan mediante características comunes que comparten y son precisados en un determinado espacio y tiempo.

- La población de estudio de la investigación comprende la avenida Inca Pachacutec:
- Longitud: 1470 m
- Ancho de Calzada: 6.5m por calzada
- N° de Calzadas: 2 calzadas con Separadores
- N° de Carril: 2 carriles en cada calzada



Figura 22: Avenida Inca Pachacutec. Fuente: Google Earth

### 2.3.2 Muestra.

El muestreo se realizará identificando tramos en la superficie del pavimento de características comunes. Después estableceremos secciones y luego estas serán divididas en unidades de muestra, cuyas dimensiones varían de acuerdo al ancho de la calzada.

Tabla 5

*Longitudes de unidades de muestreo*

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
<b>5.0</b>	46.0
<b>5.5</b>	41.8
<b>6.0</b>	38.3
<b>6.5</b>	35.4
<b>7.3</b>	31.5

Fuente: Elaboración propia.

En esta investigación se evaluarán la avenida Inca Pachacutec en dirección noreste a suroeste, de la cuadra N°1 hasta la cuadra N°7 y se analizarán todas las unidades de muestreo.

El ancho de calzada es 6.5 metros, por lo tanto, se trabajará con una longitud de unidad de muestreo de 35 metros. Al ser 1470 metros la longitud de la avenida Inca Pachacutec, se obtuvo 42 unidades de muestreo de 227.5 metros cuadrados de área cada una.

#### **2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Para el logro de cada uno de los objetivos del proyecto se procederá a emplear la siguiente técnica y herramienta:

##### **Técnica**

Una vez establecido la matriz de Operacionalización de las variables, se da paso a un procedimiento con la finalidad de recolectar datos necesarios para lograr los objetivos de esta investigación. La técnica a utilizarse es la observación, tiene la finalidad de describir cualitativamente de un número limitado de aspectos de una cosa o rasgos y así recolectar la mayor información posible de la población seleccionada en corto tiempo para ventaja del investigador (Fernández y Baptista, 2014).

##### **La Observación**

Es una técnica con la que se pueden registrar datos importantes en una investigación sin necesidad de intervención. (Torres, 1998).

##### **Instrumento**

Fernández y Baptista (2014) consideran que el instrumento es adecuado, cuando registra los datos necesarios que el investigador desea obtener.

En esta investigación se utilizará una ficha de registro donde se colocará todos los datos de la inspección del pavimento flexible, la cual pertenece a la norma internacional ASTM D6433-16.

##### **Validez**

Fernández y Baptista (2014) indicaron que la validez se refiere al grado en que un instrumento mide la variable; dicese de la relación con la utilidad o funcionalidad que cumple un instrumento.

El instrumento de la presente investigación es válido ya que es una ficha oficial e internacional de la norma ASTM D6433-16.

## Confiabilidad

Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que un instrumento es confiable sí, al ser aplicado repetidamente a la misma muestra en condiciones iguales y en tiempos próximos, deberá producir resultados iguales.

El documento utilizado para la recolección de datos es confiable ya que este hecho por la American Society for Testing and Materials, una organización reconocida mundialmente por la creación de normas estandarizadas y está incluida en la norma ASTM D6433-16.

## 2.5. Método de Análisis de Datos

Fernández y Baptista (2014) indican que tras obtener los datos es necesarios procesarlos mediante una cuantificación matemática, la cual permitirá al investigador obtener las conclusiones en relación a la hipótesis planteada.

Para este proyecto se necesitaron algunas herramientas para la recolección de datos; y equipos para el estudio de tránsito vehicular:

- Huincha métrica 50m
- Huincha métrica 5m
- Regla de aluminio 3.5m
- Regla de aluminio de 1.5m
- Conos de seguridad
- Sistema de Cámaras de grabación



Figura 24: Herramientas para la evaluación del pavimento. Fuente: Elaboración propia.

## **2.6.Aspectos éticos**

El investigador está comprometido con la investigación y por ende todo el proceso de investigación será objetiva y brindando veracidad de los resultados. Toda la recopilación de información será registrada minuciosamente como lo amerita este proyecto.

### **III. RESULTADOS**

### **3.1. Resultados de la Evaluación funcional del Pavimento Flexible**

#### **Aplicación del método PCI.**

Después de haber realizado los cálculos necesarios a las muestras obtuvimos los siguientes resultados:

Para una mejor explicación se tomará como ejemplo la unidad de muestreo “UM1” de la avenida Inca Pachacutec.

Primero se ubicó la progresiva de esta muestra y posteriormente el investigador registró los datos necesarios en las fichas de evaluación de la norma ASTM D6433-16. Ver *Figura 25*.

#### ***Unidad de muestra UM1.***

Esta unidad de muestreo tiene una longitud de 35 metros y un ancho de calzada de 6.5 metros, formando así un área de 227.5 m<sup>2</sup>, pertenece a la avenida Inca Pachacutec en sentido de la avenida Mar Del Nte Este hacia la avenida El Sol, siendo la progresiva inicial 0+000.00 y la progresiva final 0+035.00.

#### ***Tipos de fallas y nivel de severidad encontradas***

Piel de cocodrilo: Baja (L) 3.78m<sup>2</sup>, Medio (M) 1.44m<sup>2</sup>; Grieta de borde: Baja (L) 4m; Desnivel carril/berma: Baja (L) 4m; Parcheo: Medio (M) 8.52m<sup>2</sup>, Alto (H) 6m<sup>2</sup>; Huecos: Bajo (L) 3, Medio (M) 2; Ahuellamiento: Bajo (B) 1.65m<sup>2</sup> y Desprendimiento de agregado grueso: Medio (M) 28.50m<sup>2</sup>.

#### ***Clasificación de la UM1***

Para determinar la clasificación de esta unidad de muestreo se siguieron los pasos descritos anteriormente en el Capítulo II; subtítulo 2.5 Método de Análisis de Datos; Evaluación del PCI.

La UM1 presenta 7 tipos de fallas y 10 valores deducidos.

Para determinar el máximo valor deducido corregido se trabajarán con 7 valores deducido; y para esto utilizaremos los gráficos de la norma ASTM D6433-16, dándonos por resultado que el máximo valor deducido corregido es: 61.50.

El cálculo del índice de condición PCI, es mediante la fórmula  $(100 - \text{Máx.VDC})$ . Para esta unidad de muestra se tiene que el valor  $\text{PCI} = 38.50$ .

Finalmente, según la clasificación del PCI a esta unidad de muestra le corresponde una condición de pavimento “Mala”.

Este procedimiento se realizó a todas las unidades de muestreo.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-11)  
PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA**

<b>Nombre de la vía: Av. Inca Pachacutec (sentido Mar Del Nte Este – El Sol)</b>		<b>Bosquejo</b>	<b>35 M</b>		<b>6.5 M</b>
<b>Inspeccionado por: Daymer Valdez Manay</b>					
<b>Sección: 1</b>					
<b>Fecha de inspección: 09-04-18</b>					
<b>Unidad de Muestra: UM1</b>					
<b>Área de Muestra: 227.5 m</b>					

N°	Falla	Un.	N°	Falla	Un.
1	Piel de cocodrilo	m²	11	Parqueo	m²
2	Exudación	m²	12	Pulimento de Agregados	m²
3	Agrietamiento en Bloque	m²	13	Huecos	un
4	Abultamientos y Hundimientos	m	14	Cruce de Vía Férrea	m²
5	Corrugación	m²	15	Ahuellamiento	m²
6	Depresión	m²	16	Desplazamiento	m²
7	Grieta de Borde	m	17	Grieta Parabólica o Por Deslizamiento	m²
8	Grieta de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m²
9	Desnivel Carril / Berma	m	19	Desprendimiento de Agregado Grueso	m²
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m			

Falla	Cantidad			Total	Densidad (%)	Valor deducible
1L	1.92	1.84		3.76	1.65	13.40
1M	1.08	0.36		1.44	0.63	17.20
7L	4			4.00	1.76	0.26
9L	4			4.00	1.76	0.28
11M	0.52	1.82	4.68	8.52	3.75	18.20
11H	5.38	0.62		6.00	2.64	27.50
13L	1	1	1	3.00	1.32	21.00
13M	1	1		2.00	0.88	28.00
15L	1.68	1.8		3.48	1.53	12.00
19M	4.5	24		28.50	12.53	20.50
<b>TOTAL VD</b>						<b>158.34</b>

NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS > 2:	10
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO:	28
NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS (mi):	8

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	28	27.5	21	20.5	18.2	17.2	132.4	6	61.5
2	28	27.5	21	20.5	18.2	2	117.2	5	59
3	28	27.5	21	20.5	2	2	101	4	56
4	28	27.5	21	2	2	2	82.5	3	52
5	28	27.5	2	2	2	2	63.5	2	55
6	28	2	2	2	2	2	38	1	42
<b>MAX. VDC</b>									<b>61.5</b>

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):	38.5
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	POBRE

Figura 25: Ejemplo de registro y tabulación de datos de “UM1”. Fuente: Elaboración propia.

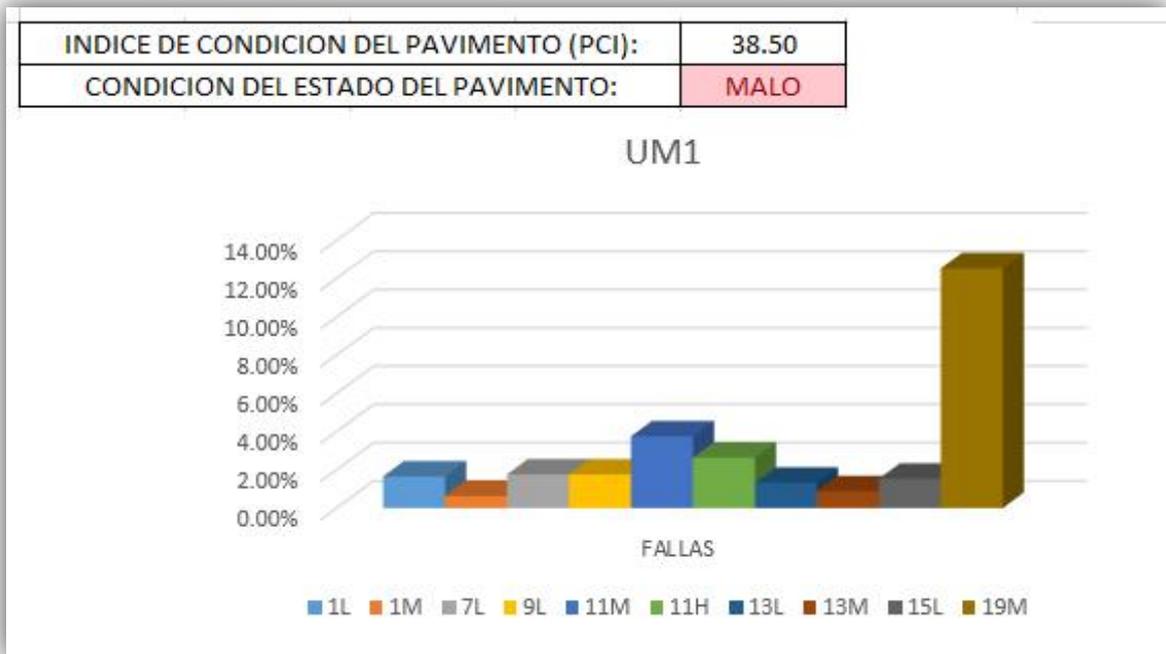


Figura 26: condición de la unidad de muestra 1 "UM1". Fuente: Elaboración propia.

### Condición de la Avenida Inca Pachacutec

Después de haber evaluado las 42 unidades de muestra de la avenida Inca Pachacutec sentido de avenida Mar Del Nte Este hacia avenida El Sol, según la metodología del Pavement Condition Index (PCI), se elaboró una tabla resumida para presentar los resultados.

Tabla 6

Condición de cada muestra evaluada

UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	MAX. VDC	PCI	CONDICIÓN
UM1	0+000.00	0+035.00	61.50	38.50	<b>MALO</b>
UM2	0+035.00	0+070.00	75.00	25.00	<b>MALO</b>
UM3	0+070.00	0+105.00	54.20	45.80	<b>REGULAR</b>
UM4	0+105.00	0+140.00	62.00	38.00	<b>MALO</b>
UM5	0+140.00	0+175.00	36.00	64.00	<b>BUENO</b>
UM6	0+175.00	0+210.00	67.20	32.80	<b>MALO</b>
UM7	0+210.00	0+245.00	56.00	44.00	<b>REGULAR</b>
UM8	0+245.00	0+280.00	59.00	41.00	<b>REGULAR</b>
UM9	0+280.00	0+315.00	48.00	52.00	<b>REGULAR</b>
UM10	0+315.00	0+350.00	65.00	35.00	<b>MALO</b>
UM11	0+350.00	0+385.00	47.00	53.00	<b>REGULAR</b>
UM12	0+385.00	0+420.00	65.00	35.00	<b>MALO</b>

UM13	0+420.00	0+455.00	78.00	22.00	<b>MUY MALO</b>
UM14	0+455.00	0+490.00	69.00	31.00	<b>MALO</b>
UM15	0+490.00	0+525.00	63.00	37.00	<b>MALO</b>
UM16	0+525.00	0+560.00	69.80	30.20	<b>MALO</b>
UM17	0+560.00	0+595.00	71.00	29.00	<b>MALO</b>
UM18	0+595.00	0+630.00	41.00	59.00	<b>BUENO</b>
UM19	0+630.00	0+665.00	53.00	47.00	<b>REGULAR</b>
UM20	0+665.00	0+700.00	62.00	38.00	<b>MALO</b>
UM21	0+700.00	0+735.00	56.00	44.00	<b>REGULAR</b>
UM22	0+735.00	0+770.00	85.00	15.00	<b>MUY MALO</b>
UM23	0+770.00	0+805.00	88.70	11.30	<b>MUY MALO</b>
UM24	0+805.00	0+840.00	84.50	15.50	<b>MUY MALO</b>
UM25	0+840.00	0+875.00	25.00	75.00	<b>MUY BUENO</b>
UM26	0+875.00	0+910.00	26.00	74.00	<b>MALO</b>
UM27	0+910.00	0+945.00	89.00	11.00	<b>MUY BUENO</b>
UM28	0+945.00	0+980.00	71.20	28.80	<b>MALO</b>
UM29	0+980.00	1+015.00	72.50	27.50	<b>MALO</b>
UM30	1+015.00	1+050.00	86.00	14.00	<b>MUY MALO</b>
UM31	1+050.00	1+085.00	78.00	22.00	<b>MUY MALO</b>
UM32	1+085.00	1+120.00	67.00	33.00	<b>MALO</b>
UM33	1+120.00	1+155.00	56.00	44.00	<b>REGULAR</b>
UM34	1+155.00	1+190.00	37.00	63.00	<b>BUENO</b>
UM35	1+190.00	1+225.00	67.20	32.80	<b>MALO</b>
UM36	1+225.00	1+260.00	69.50	30.50	<b>MALO</b>
UM37	1+260.00	1+295.00	75.50	24.50	<b>MUY MALO</b>
UM38	1+295.00	1+330.00	64.50	35.50	<b>MALO</b>
UM39	1+330.00	1+365.00	69.90	30.10	<b>MALO</b>
UM40	1+365.00	1+400.00	70.80	29.20	<b>MALO</b>
UM41	1+400.00	1+435.00	21.00	79.00	<b>MUY BUENO</b>
UM42	1+435.00	1+470.00	22.00	78.00	<b>MUY BUENO</b>

*Fuente:* Propia.

En la tabla 6 se observa detalladamente cada unidad de muestra, en donde se ubica, su calificación según el método PCI y finalmente su clasificación.

### **Condición del pavimento en cada unidad de muestra**

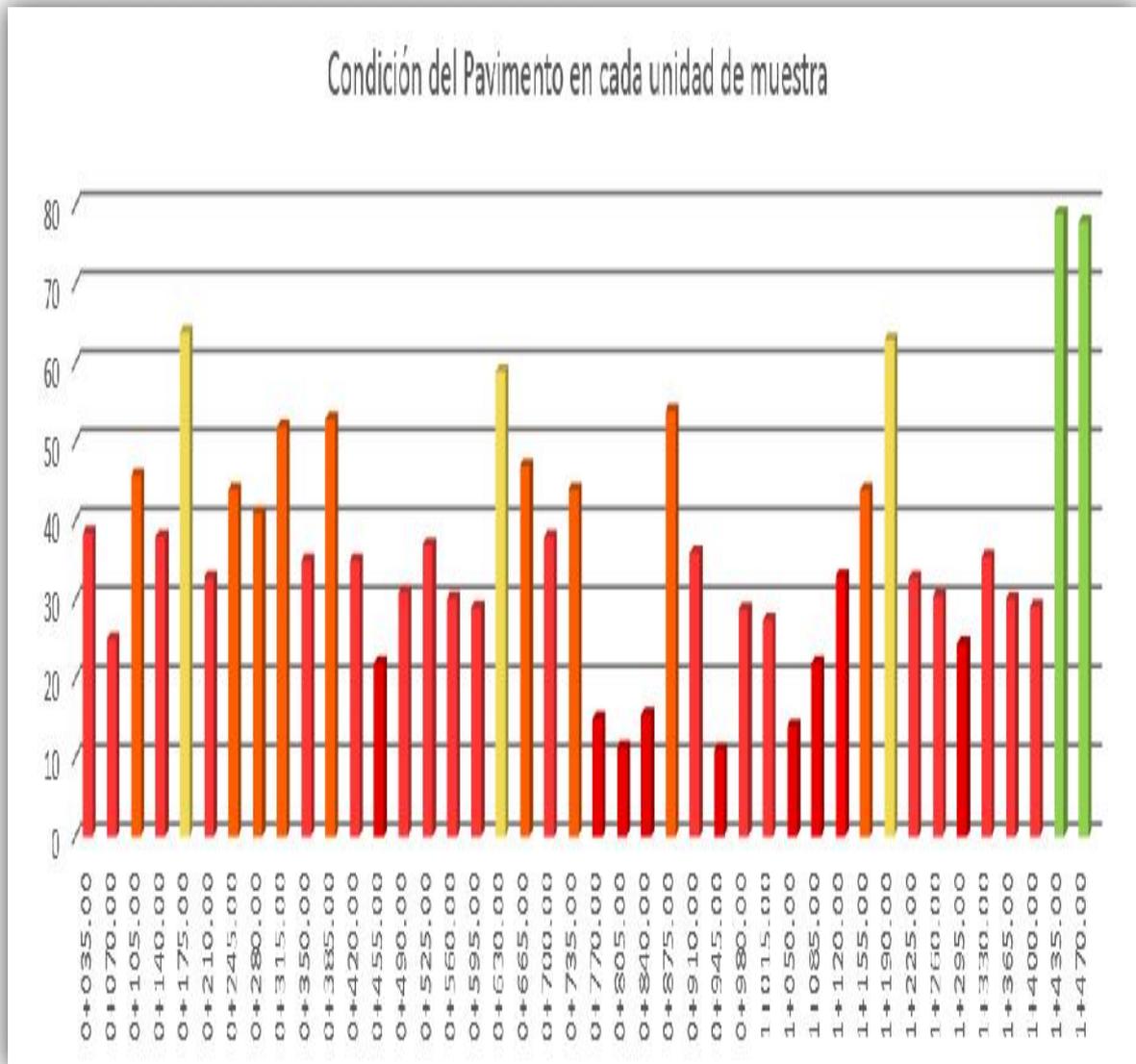


Figura 27: Fallas existentes en la avenida Inca Pachacutec. Fuente: Elaboración propia.

La figura 27 está basada en la tabla 6; En esta figura se puede observar todas las condiciones del pavimento por cada unidad de muestra individualmente representadas por barras de diferentes colores de acuerdo a su severidad. Las barras verdes representan las unidades de muestra en condiciones muy buenas y excelentes, las barras amarillas para condiciones buenas, las barras anaranjadas para condiciones regulares y finalmente las barras rojas para condiciones malas y muy malas.

### Metrado de fallas

En la tabla 7 se presenta el resumen de todas las fallas encontradas en las 42 unidades de muestreo en la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec, separadas por severidad.

Tabla 7

*Medrado de fallas*

TIPO DE FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD		
		BAJO	MEDIO	ALTO
Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	591.36	887.04	221.76
Exudación	m <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00
Agrietamiento en Bloque	m <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00
Abultamientos y Hundimientos	m	0.00	35.24	0.00
Corrugación	m <sup>2</sup>	0.00	116.01	0.00
Depresión	m <sup>2</sup>	0.00	17.30	0.00
Grieta de Borde	m	365.40	182.70	229.50
Grieta de Reflexión de Juntas	m	0.00	39.00	0.00
Desnivel Carril / Berma	m	384.12	241.19	174.00
Grietas Longitudinales y Transversales	m	236.41	118.30	61.90
Parcheo	m <sup>2</sup>	167.04	91.68	57.20
Pulimento de Agregados	m <sup>2</sup>	0.00	42.51	0.00
Huecos	und	63.00	46.00	19.00
Cruce de Vía Férrea	m <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00
Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	34.48	19.40	0.00
Desplazamiento	m <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00
Grieta Parabólica o Por Deslizamiento	m <sup>2</sup>	0.00	41.00	0.00
Hinchamiento	m <sup>2</sup>	0.00	24.00	0.00
Desprendimiento de Agregado Grueso	m <sup>2</sup>	0.00	1512.00	756.00

*Fuente:* Elaboración propia.

En esta evaluación se encontraron 15 fallas de las 19 que indica el método el PCI. La falla que más afecta la avenida Inca Pachacutec es el desprendimiento de agregados con un área de afección de 1512 m<sup>2</sup> de severidad media; seguida de la falla piel de cocodrilo con

un área de afección de 887.04 m<sup>2</sup> de severidad media también. Además, se puede observar que existen 128 huecos de entre severidad baja, media y alta, siendo esta falla la más perjudicial a la estructura del pavimento ya que a través de ella se infiltra el agua a las capas inferiores, debilitando toda la estructura.

### Condición del pavimento

Después de haber clasificado cada unidad de muestra de la avenida Inca Pachacutec, sentido de avenida Mar Del Nte Este hacia avenida El Sol, se procede a obtener un índice de condición promedio del pavimento; ya que la longitud de la avenida en evaluación es de 1.470 kilómetros, se evaluará cada medio kilómetro; de esta manera se podrá precisar la condición en la que se encuentra la vía evaluada.

Tabla 8

*Intervalos de pavimento de 0+500.00*

N °	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	PCI (PROMEDIO)	CONDICIÓN
1	0+000.00	0+490.00	34	MALO
2	0+490.00	0+980.00	33	MALO
3	0+980.00	1+470.00	31	MALO

*Fuente: Propia*

En la tabla 8 se puede observar en que condición se encuentra la avenida Inca Pachacutec sentido de avenida Mar Del Nte Este hacia avenida El Sol, en su totalidad.

En el primer intervalo que comprende desde el kilómetro 0+000.00 al 0+490.00 podemos observar que el índice de condición del pavimento es 34, por lo tanto, su clasificación es “Malo”.

En el segundo intervalo que comprende desde el kilómetro 0+490.00 al 0+980.00 podemos observar que el índice de condición del pavimento es 33, por lo tanto, su clasificación es “Malo”.

En el tercer intervalo que comprende desde el kilómetro 0+980.00 al 1+470.00 podemos observar que el índice de condición del pavimento es 31, por lo tanto, su clasificación es “Malo”.

Después de haber analizado cada intervalo podemos identificar que el pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec sentido de avenida Mar Del Nte Este hacia avenida

El Sol, se encuentra en una condición de pavimento “Malo”. Por lo tanto, es necesario su intervención para los trabajos de rehabilitación correspondientes.

En la tabla 9 podemos observar los porcentajes de cada condición del pavimento evaluado, percibiendo que la condición de mayor presencia en la vía es “Malo” con un 47.62%, abarcando 700 metros longitudinales de daño.

Tabla 9

Condición de cada muestra evaluada

CONDICIÓN	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (M)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0	0	0.00%
MUY BUENO	2	70	4.76%
BUENO	3	105	7.14%
REGULAR	9	315	21.43%
MALO	20	700	47.62%
MUY MALO	8	280	19.05%
FALLADO	0	0	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>1470</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Porcentaje de condición de pavimentos

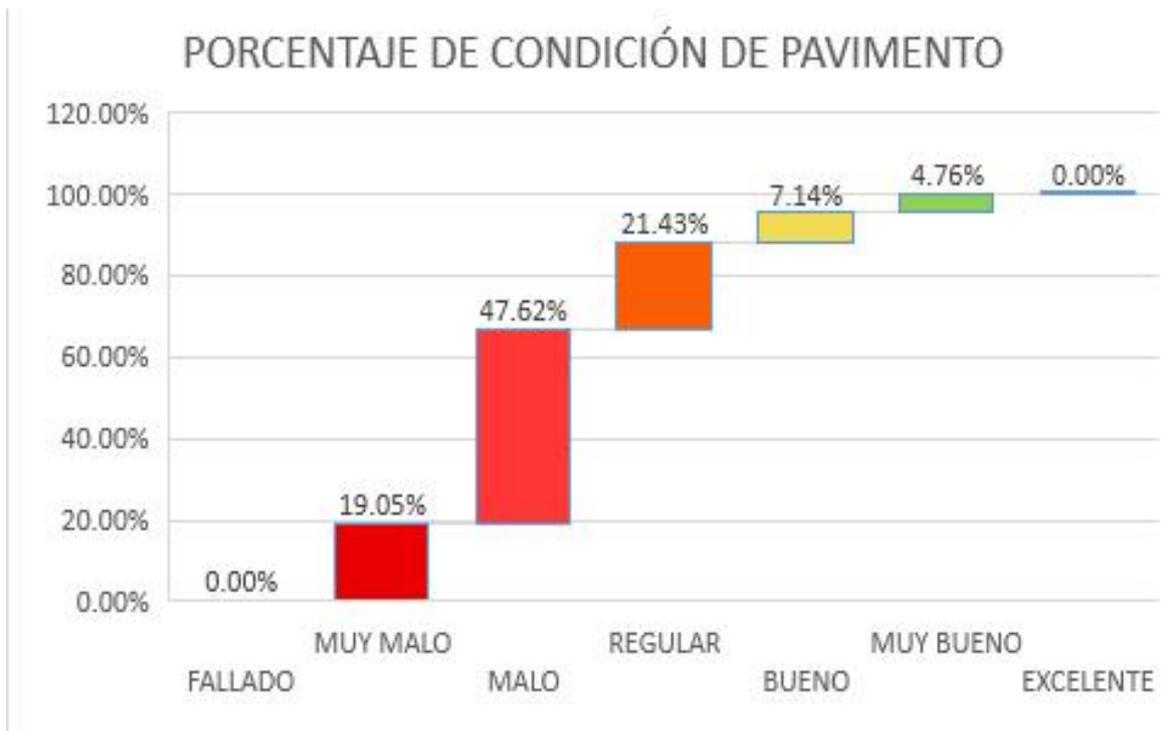


Figura 28: Porcentaje de cada condición del pavimento. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28 se presenta un resumen de cada clasificación del pavimento flexible, observando que no existe unidades de muestras de condiciones “excelente” y “fallado”; también podemos identificar que el 4.76% se encuentra en condiciones muy buenas, el 7.14% se encuentra en condiciones buenas, el 21.43% se encuentra en condiciones regulares, el 47.62% se encuentra en condiciones mala, siendo la que más afecta al estado de esta vía y finalmente el 19.05% se encuentra en condiciones muy mala. Con los resultados obtenidos de la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec se procederá a realizar los estudios necesarios para mantenimiento y rehabilitación.

### 3.2. Estudio de tráfico

En este proyecto se procedió a instalar una cámara de video vigilancia para grabar por siete días o una semana completa el tránsito vehicular de la cuadra 5 de la avenida Inca Pachacutec, para así poder registrar la cantidad de vehículos que transitan diariamente por la avenida en estudio.

Tabla 10

*Ubicación de la estación de conteo Vehicular*

N°	Ubicación	Sentido	N° Días	Inicio	Termino	Horario
<b>E 1</b>	Cuadra N°5	Mar Del Nte Este – El Sol	07	07/04/2018	13/04/2018	0:00 - 24:00
<b>E 2</b>	Cuadra N°5	El Sol - Mar Del Nte Este	07	07/04/2018	13/04/2018	0:00 - 24:00

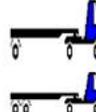
*Fuente:* Elaboración propia.

Después de haber registrado con las cámaras de grabación el tránsito vehicular de 7 días, desde el sábado 7 de abril hasta el viernes 13 de abril; se procedió a realizar el conteo de los vehículos. Estos se agrupan según sus características de ejes.

Para un mejor entendimiento se tomará como ejemplo la Tabla 11, donde podemos observar el conteo vehicular del día domingo 08 de abril del 2018. En esta tabla encontraremos detallado cuantos vehículos pasaron en cada hora, finalmente resumiendo que un total de 8081 vehículos transitaron ese día desde las 0:00 horas hasta las 23:59 horas.

Tabla 11

Clasificación de vehículos del día domingo 08 de abril del 2018

<b>FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR</b>										
<b>ESTUDIO DE TRAFICO</b>										
NOMBRE DE LA VÍA:		AVENIDA INCA PACHACUTEC								
FECHA:		DOMINGO 08 DE ABRIL DEL 2018								
HORA	AUTO	STACION	CAMIONES	MICRO	BUS	CAMION		SEMI TRAYLER		
	O	ON	TAS	O	S	2E	2E	3E	2S1/2	3S1/3
DIAGR		WAGON							S2	S2
A.										
VEH.										
00-01	52	59	53	14	14	-	-	-	-	-
01-02	41	39	34	11	12	-	-	-	-	-
02-03	29	24	22	6	6	-	-	-	-	-
03-04	18	22	12	6	4	-	-	-	-	-
04-05	24	31	16	13	3	-	-	-	-	-
05-06	42	39	54	26	4	-	-	-	-	-
06-07	134	96	127	62	28	-	-	-	-	-
07-08	141	101	136	86	28	4	-	-	-	-
08-09	157	126	154	94	46	8	-	-	-	1
09-10	139	108	136	86	28	10	-	-	-	-
10-11	131	116	151	52	24	12	2	-	-	-
11-12	118	104	136	47	22	11	-	-	-	-
12-13	106	94	122	42	20	10	-	-	-	-
13-14	148	98	146	54	14	9	-	-	-	-
14-15	133	88	131	49	13	4	1	-	-	-
15-16	120	79	118	44	12	4	1	-	-	-
16-17	108	71	106	40	11	4	-	-	-	-
17-18	153	114	95	36	10	6	-	-	-	-
18-19	138	103	86	32	9	4	1	-	-	-
19-20	124	93	77	29	8	5	-	-	-	-
20-21	116	86	122	31	18	3	-	-	-	-
21-22	104	78	108	28	14	1	-	-	-	-
22-23	94	82	98	21	11	-	-	-	-	-
23-24	85	74	72	18	2	-	-	-	-	-
PARCIAL:	<b>2455</b>	<b>1925</b>	<b>2312</b>	<b>927</b>	<b>361</b>	<b>95</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
									<b>AL DE VEHICULOS DIARIOS</b>	<b>8081</b>

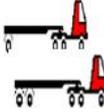
Fuente: Elaboración propia.

## Resumen semanal

En la tabla 12 podemos observar que se han consolidado el total de vehículos diarios de toda la semana registrada con la cámara de grabación. En esta tabla se indica que el día domingo es el que tiene mayor tránsito, con un total de 8081 y el día de menor tránsito es el jueves con 7876 vehículos diarios. Además, podemos observar que el índice medio diario anual de vehículos que transitan por la avenida Inca Pachacutec es de 7966.

Tabla 12

Clasificación de vehículos de toda la semana

DIA	AU TO	STA TIO N WA GON	CAMIO NETAS	MI CR O	BUS 2E	CAMION 2E	3 E	SEMI TRAYLER 2S1/2 S2	3S1/3 S2	TOTA L VEH/ DIA
DIAGR A. VEH.										
sábado	2261	1846	2142	1109	489	139	4	-	-	7990
domingo	2455	1925	2312	927	361	95	5	-	1	8081
lunes	1973	1784	2012	1249	632	274	7	-	3	7934
martes	1980	1785	2019	1247	627	248	3	-	5	7914
miércoles	1995	1803	2029	1261	634	223	1	-	0	7957
s							2			
jueves	2008	1792	2013	1253	616	183	5	-	6	7876
viernes	2093	1816	2043	1225	621	206	9	-	-	8013
promedio total	2109	1822	2081	2182	569	192	6	0	2	<b>7966</b>

Fuente: Elaboración propia

## Índice medio diario anual

En la tabla 13 se encuentran los índices medios diarios anuales para la avenida Inca Pachacutec.

El “índice medio diario semanal” (IMDS) se obtiene sacando el promedio del registro de tráfico de vehículos diarios de toda una semana. El IMDS es 7966, esto quiere decir que en la semana de conteo de vehículos esta cifra era el promedio diario de vehículos que transitaban por la vía.

El “índice medio diario anual 2018” (IMDA 2018) se obtiene multiplicando el IMDS por un “factor de corrección estacional” (Fe); este factor se obtiene mediante trabajos previos; si no se tuviese ningún trabajo previo, entonces se podría utilizar un valor que varía

entre 10% y 14% que está indicado en el manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. El IMDA 2018 es 9002, esto quiere decir que durante este año esta cifra será la cantidad de vehículos que transiten diariamente por la vía.

El “índice medio diario anual 2021” (IMDA 2021) se obtuvo con el fin de saber cuánto crecerá el tráfico vehicular en los próximos 3 años; dando por resultado 9002 vehículos diarios.

El “índice medio diario anual 2041” (IMDA 2041) se obtuvo con el fin de saber cuántos vehículos circularan en total en los próximos 20 años. El IMDA 2041 Es 96 478 214, esto quiere decir que durante la vida útil de este pavimento flexible tendrá este número de pasadas, Además esta información sirve para una futura reconstrucción del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec, ya que tras haber realizado la evaluación por el método PCI, obtuvimos como resultado que la vía se encuentra en condición pobre por ende es necesario una rehabilitación.

Tabla 13

*Crecimiento de tráfico*

DÍA	AUTO	STATI ON	CAMION ETAS	MICRO	BUS 2 E	CAMION 2 E 3 E	SEMI TRAY 2S 2S2 1	TOTAL	
IMDS	2109	1822	2081	1182	569	195. 00	6 0 2	<b>7966</b>	
Fe %	13								
IMDA 2018	2383	2059	2352	1336	643	220	7 0 2	<b>9002</b>	
r (%)	3								
n(años)	3								
IMDA 20121	2604	2250	2570	1460	703	240	8 0 2	<b>9837</b>	
IMDA 2041	25539 216	22067 295	25205755	14319 223	6894 804	2353 845	784 61	0 196 15	<b>96478 214</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Cálculo de Ejes equivalentes**

En la tabla 14 se encuentran los ejes equivalentes obtenidos del estudio de tráfico.

Primeramente, se agruparon todos los vehículos de similares características en sus ejes; luego se identificó que cargas actúan en los diferentes tipos de ejes y se procesaron los datos con las formulas correspondientes. Dando por resultado un factor de índice medio

diario de ejes equivalentes de 3215.94675; este resultado nos servirá para poder determinar el “ESAL” y con este poder diseñar el espesor del pavimento flexible para la reconstrucción de la vía.

Tabla 14

*Sumatoria de ejes equivalentes del índice medio diario anual para el año 2021*

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA 2021	CARGAS DE VEH.EJE	EJE EQUIVALENTE (EE.82.TN)	F.IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y MICROS	8624	1	0.000527	4.544848
	8624	1	0.000527	4.544848
B2	682	7	1.265367	862.980294
	682	10	2.211794	1508.44351
C2	233	7	1.265367	294.830511
	233	10	2.211794	515.348002
C3	7	7	1.265367	8.857569
	7	16	1.260585	8.824095
T3S2	2	7	1.265367	2.530734
	2	16	1.260585	2.52117
	2	16	1.260585	2.52117
			f.IMDA	<b>3215.94675</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

Con los resultados de la sumatoria de ejes equivalentes del índice medio diario para el año 2021 se procedió a calcular el ESAL con la formula correspondiente para un pavimento de 20 años de diseño, dando por resultado 27 797 812.

### 3.3. Propuesta de diseño para rehabilitación

Para poder diseñar el pavimento flexible se realizó estudios de suelos, realizando 1 calicatas de 1.50 metros de profundidad, obteniendo los siguientes resultados del CBR.

Tabla 15

*Resultados de CBR*

Calicata	Clasificación AASHTO		CBR	
	SUCS	AASHTO	100% MDS	95% MDS
C-01	GP-GM	A-1-a (0)	106.9	43.2

*Fuente:* Elaboración propia.

El diseño para el pavimento se está trabajando con el manual de carreteras con la sección de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. En este manual indica que el CBR a utilizar será el promedio de todos los resultados al 95% de máxima densidad seca, por lo tanto, se trabajará con un CBR de 39.9.

Para continuar con el Diseño del pavimento se utilizaron las tablas de diseño de la norma mencionada. En la tabla 16 se encuentran todos los resultados necesarios.

Tabla 16

*Valores necesarios para el diseño del pavimento*

<b>Componentes</b>	
ESAL (W18)	27 797 812
Módulo de Resiliencia (MR)	22 529
Confiabilidad (%R)	95 %
Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	-1.645
Desviación Estándar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.2
Serviciabilidad Final	3
Variación de Serviciosabilidad (Psi)	1.2

*Fuente:* Elaboración propia

Para poder terminar con el diseño del pavimento flexible necesitamos calcular el Numero Estructural Requerido (SNR) para el cual utilizaremos un software llamado “PavimR”.

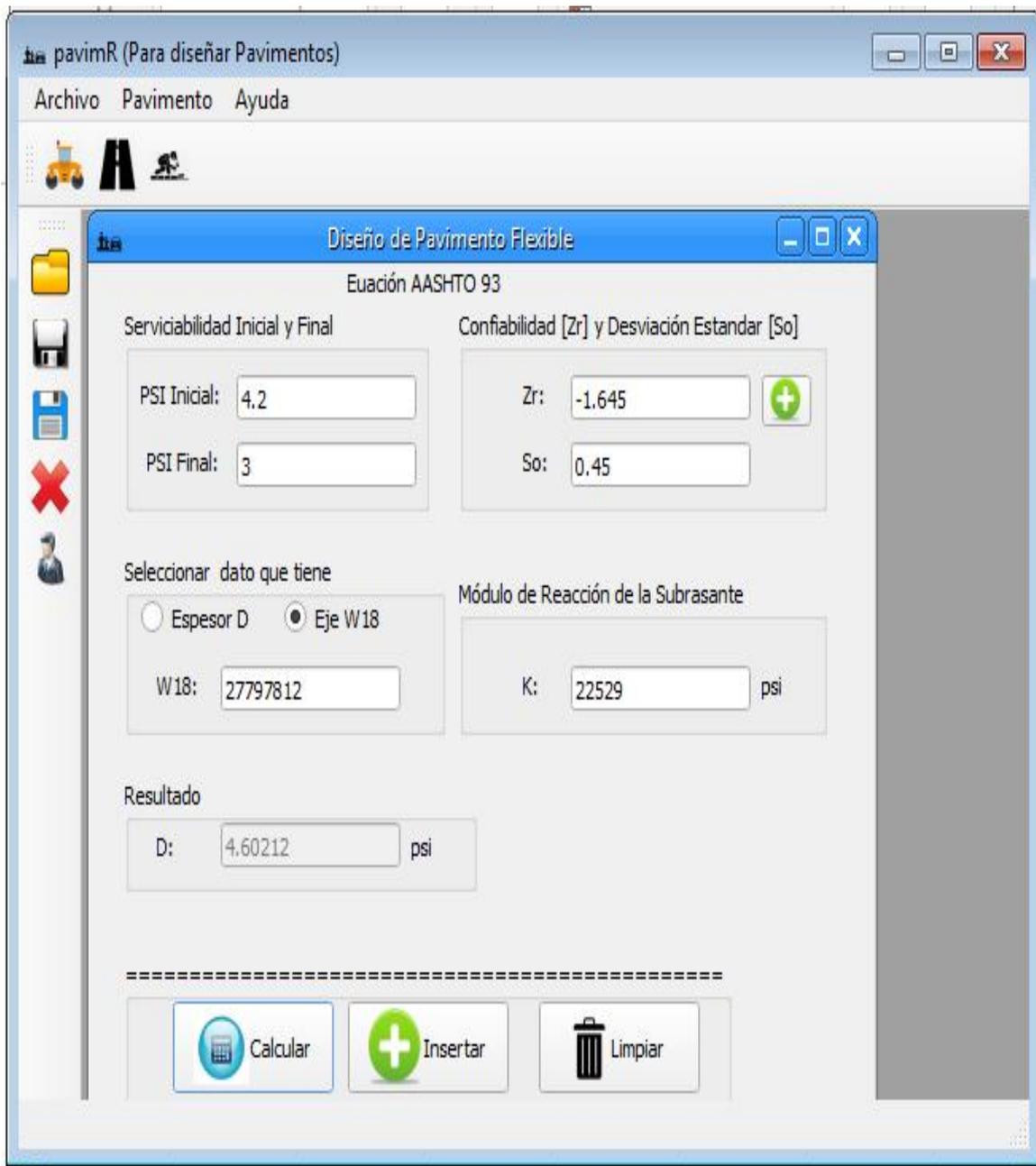


Figura 28: Numero Estructural Requerido. Fuente: Elaboración propia.

En este software colocaremos todos los resultados obtenidos de las tablas del manual de carreteras y este se encargará de procesar los datos.

El software dio como resultado: para que la carpeta asfáltica del pavimento flexible tenga 20 años de servicio como se está diseñando, esta debe tener un espesor de “4.6 pulgadas” u “11.7 centímetros”.

Para poder hacer la rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec se recomienda realizar una evaluación estructural con el fin de obtener datos más exactos.

Tabla 17

*Mantenimiento y rehabilitación de la avenida Inca Pachacutec*

<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>ACCIONES A REALIZAR</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>CONDICIÓN</b>
UM1-UM4	REHABILITACIÓN	0+000.00	0+140.00	MALO
UM5-UM9	MANTENIMIENTO	0+140.00	0+315.00	REGULAR
UM10-UM17	REHABILITACIÓN	0+315.00	0+595.00	MALO
UM18-UM21	MANTENIMIENTO	0+595.00	0+735.00	REGULAR
UM22-UM24	REHABILITACIÓN	0+735.00	0+840.00	MUY MALO
UM25-UM27	MANTENIMIENTO	0+840.00	0+945.00	MUY BUENO
UM28-UM32	REHABILITACIÓN	0+945.00	1+120.00	MUY MALO
UM33-UM34	MANTENIMIENTO	1+120.00	1+190.00	REGULAR
UM35-UM40	REHABILITACIÓN	1+190.00	1+400.00	MALO
UM41-UM42	MANTENIMIENTO	1+400.00	1+435.00	MUY BUENO

*Fuente:* Elaboración propia.

## **IV. DISCUSIÓN**

- Los pavimentos son diseñados para resistir cargas producidas por el tránsito de vehículos, y el tipo de pavimento escogido se basa en la forma de como los esfuerzos producidos en el pavimento son distribuidos dentro de su estructura y transmitido a la subrasante. En el caso de la avenida Inca Pachacutec se trata de un pavimento flexible que no contó con ningún estudio para su diseño y está hecho de manera empírica por su población para cubrir sus necesidades.

Los pavimentos flexibles son estructuras que están diseñados para una vida útil de 20 años y para lograr que cumpla ese periodo son necesarios trabajos de mantenimiento menores en los tiempos indicados. Sin embargo, al igual que Domínguez (2014), Rabanal (2014), Huicapi y Pucha (2015) y Armijos (2014) en esta investigación todos los pavimentos flexibles no tuvieron los trabajos necesarios para su conservación, por ende, no se encuentran en buenas condiciones, además cabe resaltar que la avenida Inca Pachacutec solo cuenta con cerca de 10 años de antigüedad y ya se encuentra en una condición mala que necesita trabajos de reparación mayores y rehabilitación.

- El tráfico vial se conoce como el flujo de vehículos en una vía y es estudiado para cuantificar y clasificar el volumen diario de los vehículos que transitan sobre ella, además que la demanda del tráfico es un aspecto esencial que se necesita conocer con precisión, para planificar y diseñar un pavimento. Por tal razón después de haber realizado el estudio de tráfico vial, se conoció que el pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec no tiene las características necesarias para resistir el tráfico vehicular diario, por tal motivo es normal observar las diversas fallas en la mayor parte de su longitud.

- En todos los trabajos previos y en esta investigación se coincide que las fallas superficiales en los pavimentos flexibles que afectan en mayor extensión son las fallas piel de cocodrilo y desprendimiento de agregados, las cuales son producidas por factores como fatiga donde las tensiones y deformaciones causadas por las cargas de tránsito alcanzan sus mayores valores, por algún defecto de construcción, defectos en la calidad de un producto o por una condición local particular.

- Armijos (2014), Díaz (2014), Huicapi y Pucha (2015), Domínguez (2014), Rabanal (2014) y Robles (2015) están de acuerdo que la metodología del Índice de Condición del Pavimento nos ayuda a evaluar el estado funcional del pavimento y detectar las fallas que dañan su estructura, de tal modo tomar las medidas necesarias para poder detener y solucionar este problema.

Así como Robles (2015) menciona que, si bien la aplicación del método PCI constituye un primer paso en la evaluación del pavimento, debido a que únicamente es una inspección visual, posteriormente se deben realizar otras inspecciones tanto visuales como destructivas, con las cuales se podrá determinar con mayor exactitud el estado real del pavimento. Coincidimos que es cierto que la evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI es una primera herramienta para identificar técnicamente que el pavimento está fallado y es necesario una intervención inmediata.

- Así como Díaz (2014) elaboró una matriz de mantenimiento y rehabilitación para las fallas presentadas en el método PCI, en esta investigación se realizó una tabla donde se identifica todas las unidades de muestreo y los trabajos que se tienen que realizar, ya sea de mantenimiento o rehabilitación; además se presentó un conjunto de soluciones para cada tipo y severidad de falla, de manera que se pueda mejorar la condición del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec. Además, en esta investigación se propone un diseño para la rehabilitación del pavimento flexible, sin embargo, es necesario evaluar el estado estructural, para conocer las propiedades físicas y diseñar específicamente lo que se requiere.

## **V. CONCLUSIONES**

- La evaluación del estado funcional de la avenida Inca Pachacutec por el método PCI permitió clasificar la vía en una condición mala con un valor PCI de 33, además se identificaron 15 tipos de fallas de diferentes severidades de las 19.
- El tráfico vehicular ha sido un factor importante que intervino en el deterioro del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec ya que el Índice Medio Diario Semanal de vehículos que transitan es de 7966, ubicándose como una vía de alto volumen de tránsito y el pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec no presenta características que cumplan esas exigencias.
- Las fallas superficiales han deteriorado el estado funcional del pavimento flexible de la avenida Inca Pachacutec, de tal manera que no se encontró ninguna unidad de muestra en condiciones “excelentes”, sin embargo, el 4.76% se encuentra en condiciones muy buenas, el 7.14% se encuentra en condiciones buenas, el 21.43% se encuentra en condiciones regulares, el 47.62% se encuentra en condiciones malas, siendo la que más afecta al estado de esta vía y finalmente el 19.05% se encuentra en condiciones muy malas.
- La calificación del índice de condición del pavimento permitió conocer que es necesario y urgente realizar mantenimientos y rehabilitación en el pavimento de la avenida Inca Pachacutec para su conservación, estos trabajos deberán ser desarrollados según lo indicado en la tabla 16
- Las fallas que más afectan la condición del pavimento flexible son: el desprendimiento de agregados con un área de afección de 1512 m<sup>2</sup> de severidad media, la piel de cocodrilo con un área de afección de 887.04 m<sup>2</sup> de severidad media, las grietas de borde con un total de afección de 229.50 m y los huecos cuya suma de todas sus severidades es 128 unidades. Estas fallas han sido producidas por fatiga del material, defectos de construcción y por defectos en la calidad de algún producto.
- La evaluación superficial del pavimento es una primera herramienta para identificar la condición en que se encuentra una vía y posteriormente de ser necesario realizar una evaluación estructural con el fin de tener datos más precisos de la condición de la estructura.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar mantenimientos y rehabilitación a la carpeta asfáltica del pavimento flexible lo antes posible para la conservación de la avenida Inca Pachacutec, ya que el 42 % de esta avenida se encuentra deteriorada y es la única vía de acceso a la comunidad de Jicamarca.
- Se recomienda dar más importancia a la conservación de los pavimentos ya que es muy importante por estar relacionado al crecimiento económico de una localidad.
- Se recomienda realizar más inversiones por parte del sector público en la infraestructura vial del país, para dar a su población un transporte a menor costo y de forma más eficiente.
- Se recomienda implementar la práctica de la evaluación del pavimento flexible por el método PCI, inicialmente en vías que presenten mayor índice de tránsito, con el fin de detectar a tiempo el deterioro del pavimento y poder solucionarlos a tiempo ya que mientras más se propague el deterioro, los costos de reparación serán mayores.

## **VII. REFERENCIAS**

- Ahlberg, L. (6 de marzo de 2014). Why are there so many potholes this year? Physical sciences [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://news.illinois.edu/view/6367/198463>
- American Society for Testing and Materials. (2016). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Virginia, U.S.
- Armijos, C (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Busbud, R. (2014). The State of America's Roads. *Busbud.com*. Recuperado de <https://www.busbud.com/blog/the-state-of-americas-roads/>
- Cazorla, M. (2012). *Metodología para la evaluación del pavimento flexible y Propuesta de Soluciones de Rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la Inspección Visual* (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de la Habana, Habana, Cuba.
- Corros, M. y otros. (2014). *Diseño de Pavimentos I y Evaluación de Pavimentos* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Corwin, E. (13 de marzo de 2013). How Bumpy Roads Affect Your Pocketbook, Your Safety, And Nearby Businesses [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://stateimpact.npr.org/new-hampshire/2013/03/13/what-bad-roads-mean-for-your-car-pocketbook-safety-and-more/>
- Díaz, J. (2014). *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles* (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Domínguez, Y. (2015). *Análisis patológico de la superficie del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 - Piura, 2015* (Tesis de pregrado). Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Piura, Perú.
- Gamboa, K. (2009). *Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Gutiérrez, W. (1994) *Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos*. Conferencia.
- Gutiérrez, T. (2006), *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Bogotá.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de

[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

- Hein, D., & Watt, D. (2005). *Municipal Pavement Performance Prediction based on Pavement Condition Data*. Calgary, Canada: Ottawa Transportation Association of Canada.
- Hajek, J., Phang, W., Prakash, A., & Stott, G. (1986). *Pavement condition index (PCI) for flexible pavements*. Calgary, Canada: Ottawa Transportation Association of Canada.
- Kordi, H., & Wahab, X. (2012). *The quality evaluation index of the asphalt pavement and maintenance decision programs*. doi: 10.1109 / ICETCE.2011.5776228
- Huilcapi, V. y Pucha, K. (2015). *Análisis comparativo de los métodos de evaluación funcional de pavimentos flexibles en las vías García moreno y Panamericana Sur del Cantón Colta – provincia de Chimborazo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno* (Tesis de maestría). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú.
- Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Recuperado de [http://vialidad21.galeon.com/manual\\_mrvial.pdf](http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf)
- Leguía, P. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Medina, A. y DE LA CRUZ, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Recuperado de [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras.pdf)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: mantenimiento o conservación vial*. Recuperado de [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales)

s/Manual%20de%20Carreteras%20Conservacion%20Vial%20a%20marzo%202014  
\_digit\_original\_def.pdf

- Neal, B. (2015). The Deterioration of Asphalt Pavement and its Causes. Paveman Pro [Mensaje en un blog]. Recuperado de [http://www.pavemanpro.com/article/deterioration\\_asphalt\\_causes/](http://www.pavemanpro.com/article/deterioration_asphalt_causes/)
- Oliveira, H. & Lobato, P. (2012). *Detection and Automatic Characterization of Cracks Highway*. doi: 10.1109 / TITS.2012.2208630
- Papagiannakis, A., & Masad, E. (2012). Pavement Design and Materials. doi: 10.1002/9780470259924
- Pooja, D. & Hariharan, L. (2017). *Development feature for risk management in the pavement maintenance system*. doi: 10.1109 / ICCCBDA.2016.7529593
- Qing, J. & Rongguo, M. (2012). *Analysis and repair in bituminous pavement Main problems of the highway*. doi: 10.1109 / ICICEE.2012.17
- Rabanal, J. (2014). *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* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Rico, A. (2005). *Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias*. Mexico: Instituto Mexicano de transportes.
- Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco – Surco – Lima* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Sánchez, F. (2013, 5 de febrero). Venta de vehículos nuevos creció 15 veces en 10 años. *Perú 21*. Recuperado de <https://peru21.pe/opinion/venta-vehiculos-nuevos-crecio-15-veces-10-anos-90896>
- Sánchez, F. (2009). Compilación de diapositivas del curso básico de diseño de pavimentos. *Bogotá*: Recuperado de [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/CONTENIDO%20CURSO.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/CONTENIDO%20CURSO.pdf)
- Tawalare, A., & Vasudeva, k. (2016). *Pavement Performance Index for Indian rural roads*. Nagpur, India: Visvesvaraya National Institute of Technology.
- Thom, N. (2011). *Principles of Pavement Engineering, Second edition*. Canada: Ottawa Transportation Association of Canada.

- Vásquez, C. (2016). *Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles: análisis para condiciones típicas de Argentina* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement condition index (PCI)*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Vergara, A. (2014). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

## **VIII. ANEXOS**

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-11)</b> <b>PAVIMIENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA</b> <b>Hoja de datos de encuesta para la unidad de muestra</b>							
Rama: Inspeccionado por: Sección: Fecha de inspección: Unidad de Muestra: Área de Muestra:			Bosquejo				
N°	Falla	Un.	N°	Falla	Un.		
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>		
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de Agregados	m <sup>2</sup>		
3	Bloque Agrietamiento en	m <sup>2</sup>	13	Huecos	un		
4	Abultamientos y Hundimientos	m	14	Cruce de Vía Férrea	m <sup>2</sup>		
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>		
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>		
7	Grieta de Borde	m	17	Deslizamiento	m <sup>2</sup>		
8	Grieta de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>		
9	Berma Desnivel Carril / Grietas	m	19	Desprendimiento de Agregado	m <sup>2</sup>		
10	Longitudinales y Transversales	m		Grueso			
Falla	Nivel de severidad	Cantidad			Total	Densidad (%)	Valor deducible

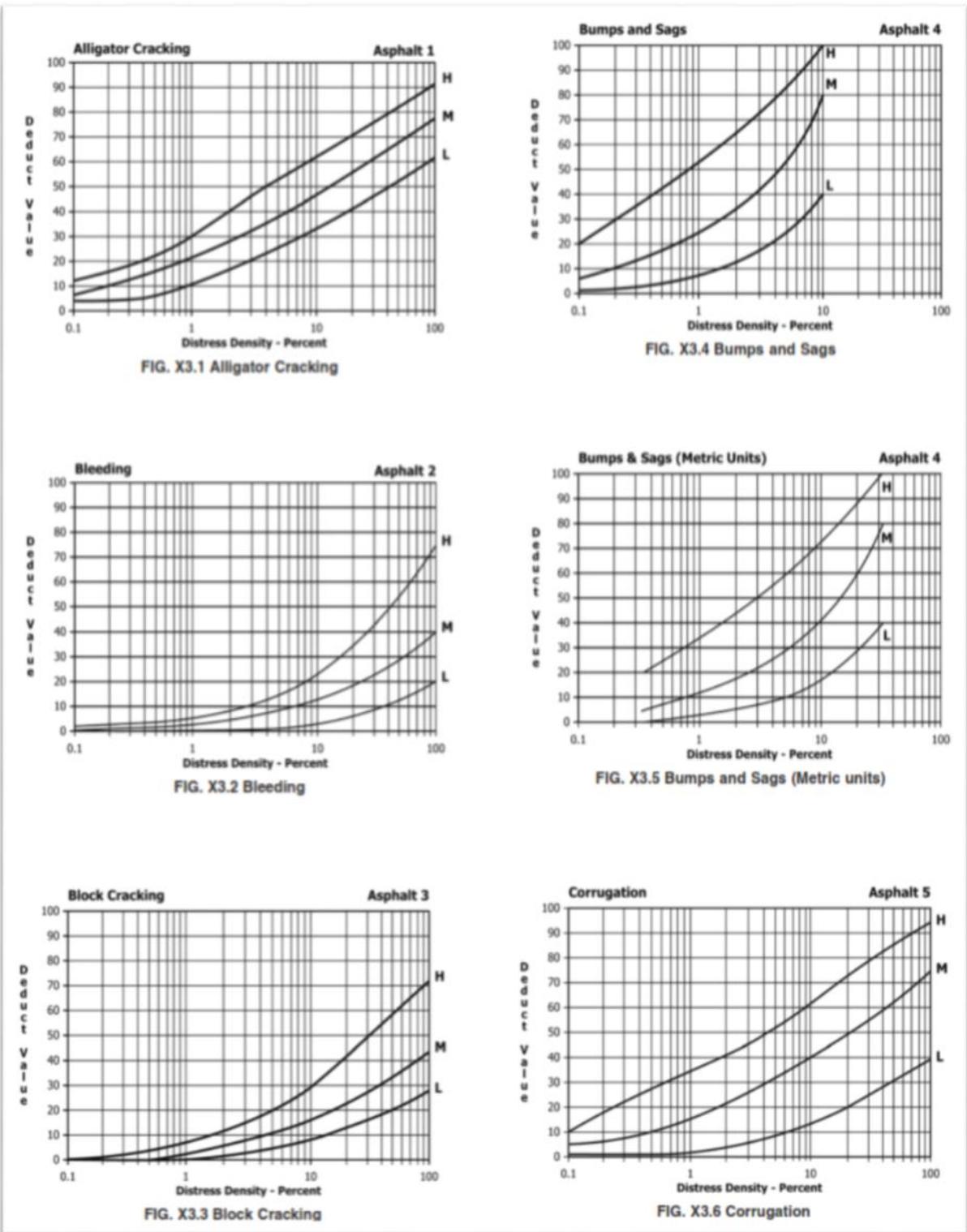
Anexo 2. Matriz de consistencia

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>					
<b>“Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el Método PCI de la avenida Inca Pachacutec - Jicamarca, 2018”</b>					
<b>PROBLEMA GENERAL:</b>	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE 1</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Cómo evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?	Evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Es factible evaluar el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Evaluación del estado funcional del pavimento flexible	Trafico vial	Índice medio diario
					Índice medio Semanal
					Índice medio Anual
				Fallas Superficiales	Agrietamientos
					Deformaciones
			Índice de Condición del Pavimento	Desprendimientos	100 - 71 - 57- 41-26- 11- 0
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>VARIABLE 2</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Cómo interviene el tráfico vial en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?	Especificar la intervención del tráfico vial en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	El trafico vial interviene notablemente en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Metodología PCI	Factores de evaluación	Clase de fallas
					Severidad de fallas
					Extensión de fallas
¿Cómo influyen las fallas superficiales en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?	Especificar la influencia de las fallas superficiales en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Las fallas superficiales influyen significativamente en el estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Metodología PCI	Estimación del valor PCI	Trabajos de Campo
					Trabajos de gabinete
¿Qué incidencia tiene el índice de condición del pavimento en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018?	Estudiar la incidencia que tiene el índice de condición del pavimento en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	El índice de condición del pavimento incide significativamente en la intervención del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.	Metodología PCI	Condición del Pavimento	Calificación del pavimento
					Clasificación del pavimento

Anexo 3. Presupuesto referencial

Presupuesto referencial					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.UNITARIO	MONTO
01	Recursos Humanos				
	Asesor temático / metodológico	Glb	1	400	400
	Personal Para conteo de Vehículos	día/hom	11	50	550
	Personal para recolección de datos	día/hom	10	80	800
	Personal Para Sellado y Parcheo	día/hom	1	80	80
	Personal para excavación de calicatas	día/hom	2	60	120
<b>02</b>	<b>Equipos y herramientas</b>				
	Huincha Métrica de 50m	Und	1	35	35
	Huincha Métrica de 5m	Und	1	15	15
	Conos de seguridad	Und	4	25	100
	Regla de aluminio de 3m	Und	1	33	33
	regla de aluminio de 1.5m	Und	1	18	18
	Cascos	Und	2	20	40
	Sistema de Cámaras para cont. Vehi	Und	1	1050	1050
	Computadora Core i3	Und	1	1200	1200
	Emulsión asfáltica de rotura lenta	Gal	5	25	125
	Emulsión asfáltica MC-30	Gal	1	20	20
	Asfalto en frio	Bol	1	80	80
<b>03</b>	<b>Servicios</b>				
	Ensayo de suelos (CBR, LL, LP, GLM)	Und	2	720	1440
	Impresiones del DPI	Und	12	15	180
	Servicio de internet	Glb	1	89	89
	Fotocopias	Glb	1	30	30
	Movilidad a Campo	Glb	14	8	112
				<b>Total</b>	<b>6517</b>

Anexo 4. Tablas de valor deducido de fallas PCI



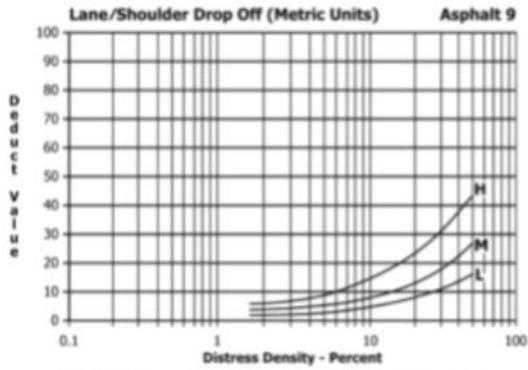


FIG. X3.13 Lane/Shoulder Drop-Off (metric units)

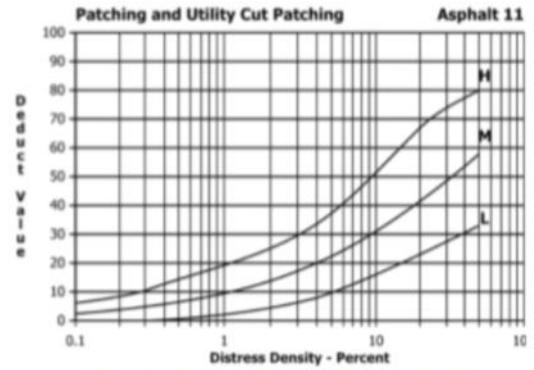


FIG. X3.16 Patching and Utility Cut Patching

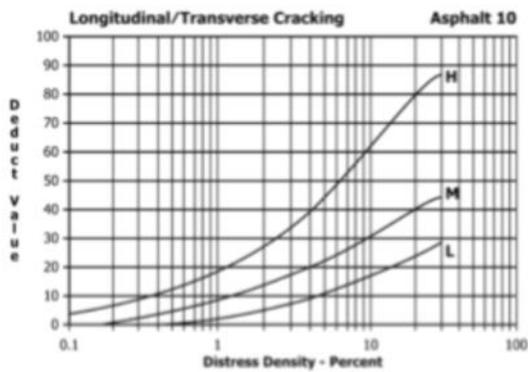


FIG. X3.14 Longitudinal/Transverse Cracking

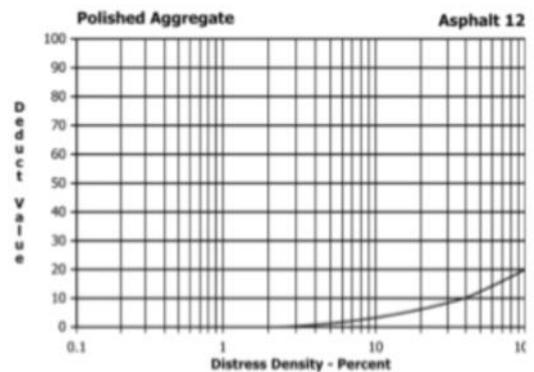


FIG. X3.17 Polished Aggregate

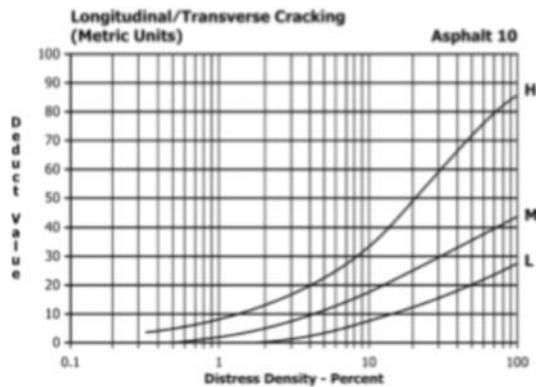


FIG. X3.15 Longitudinal/Transverse Cracking (metric units)

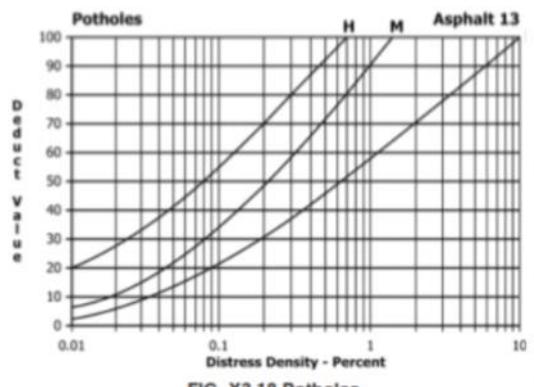


FIG. X3.18 Potholes

Deduct Value

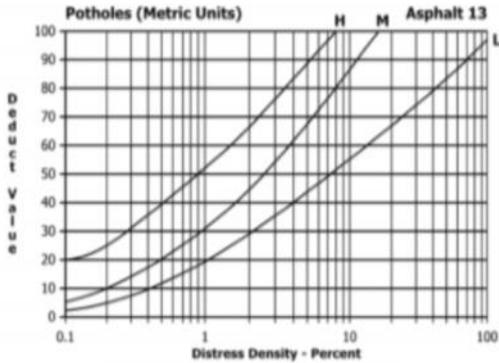


FIG. X3.19 Potholes (metric units)

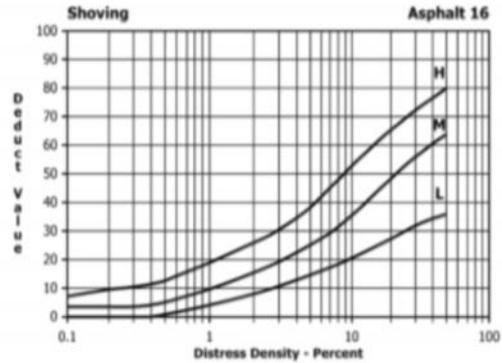


FIG. X3.22 Shoving

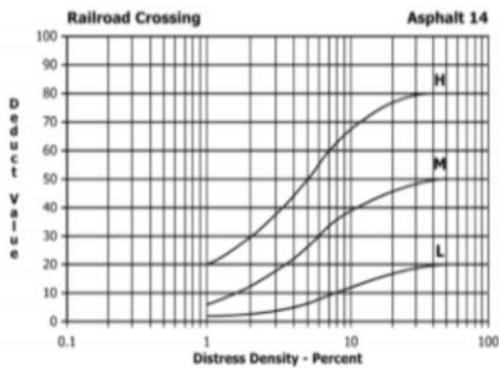


FIG. X3.20 Railroad Crossing

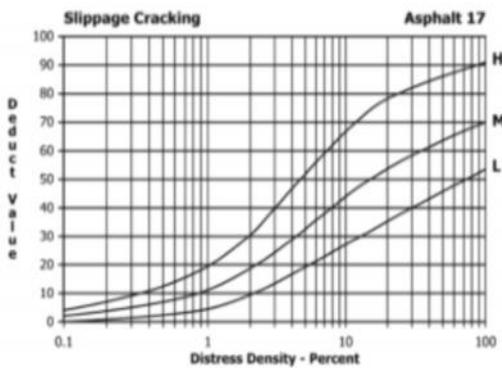


FIG. X3.23 Slippage Cracking

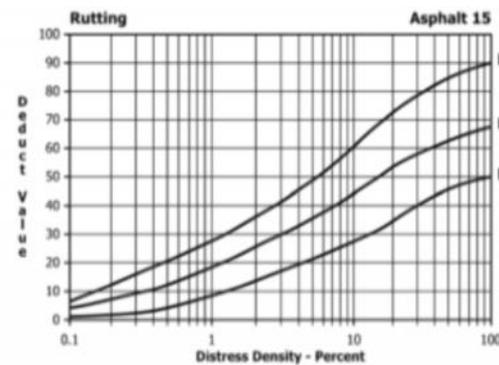


FIG. X3.21 Rutting

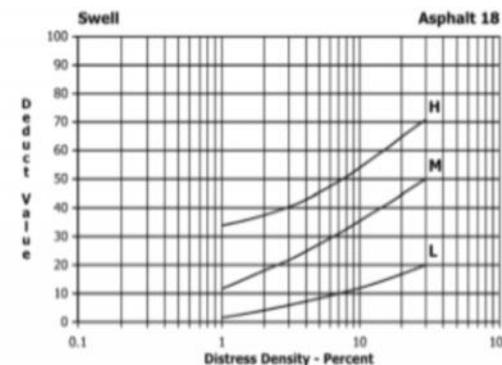


FIG. X3.24 Swell

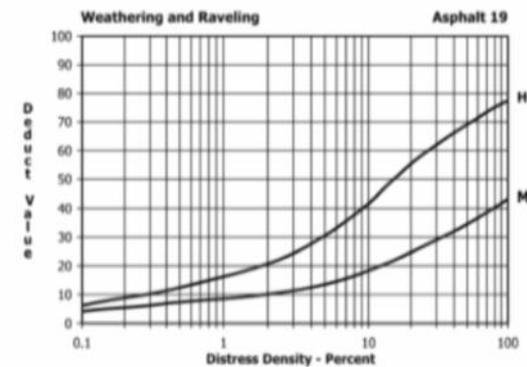


FIG. X3.25 Ravelling

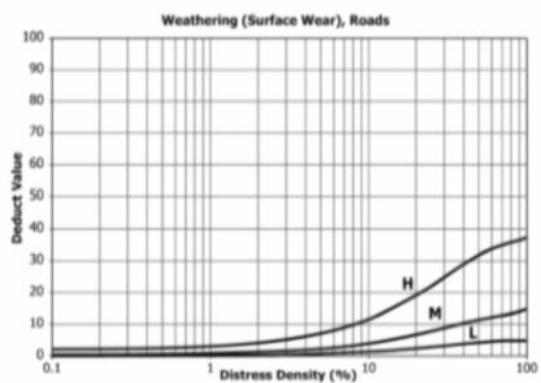


FIG. X3.26 Weathering

t 8  
100  
8  
H  
M  
L  
100

Anexo 5. Unidades de muestreo con el cual se determinó el Índice de Condición del Pavimento Flexible de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca

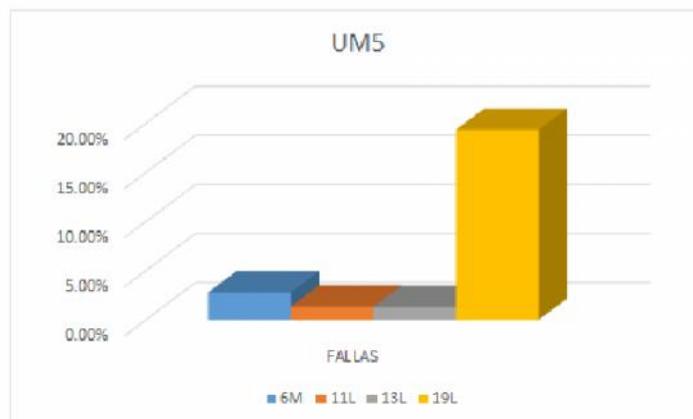
- Índice de Condición de muestreo UM5

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-16)								
Nombre de la vía: Av. Inca Pachacutec (sentido Mar Del Nte Este – El Sol)			35 M					
Inspeccionado por: Daymer Valdez Manay			Bosquejo					
Sección: 5								
Fecha de inspección: 09-04-18								
Unidad de Muestra: UM5								
Área de Muestra: 227.5 m2								
Nº	Falla	Un.	Nº	Falla	Un.			
1	Piel de cocodrilo	m²	11	Parcheo	m²			
2	Exudación	m²	12	Pulimento de Agregados	m²			
3	Agrietamiento en Bloque	m²	13	Huecos	un			
4	Abultamientos y Hundimientos	m	14	Cruce de Vía Férrea	m²			
5	Corrugación	m²	15	Ahuellamiento	m²			
6	Depresión	m²	16	Desplazamiento	m²			
7	Grieta de Borde	m	17	Grieta Parabólica o Por Deslizamiento	m²			
8	Grieta de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m²			
9	Desnivel Carril / Berma	m	19	Desprendimiento de Agregado Grueso	m²			
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m						
Falla - Nivel de severidad	Cantidad					Total	Densidad (%)	Valor deducible
6M	1.48	2.28	2.57			6.33	2.78	6
11L	1.62	1.44				3.06	1.35	2.3
13L	1	1	1			3.00	1.32	21
19L	32	12				44.00	19.34	22.00
							TOTAL VD	51.30

NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS > 2:	4
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO:	22.00
NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS (mi):	8.00

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	22.00	21.00	6.00	2.30	51.30	4.00	31.00
2	22.00	21.00	6.00	2.00	51.00	3.00	35.00
3	22.00	21.00	2.00	2.00	47.00	2.00	36.00
4	22.00	2.00	2.00	2.00	28.00	1.00	29.00
						MAX. VDC	36.00

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):	64.00
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	BUENO



- Índice de Condición de muestreo UM10

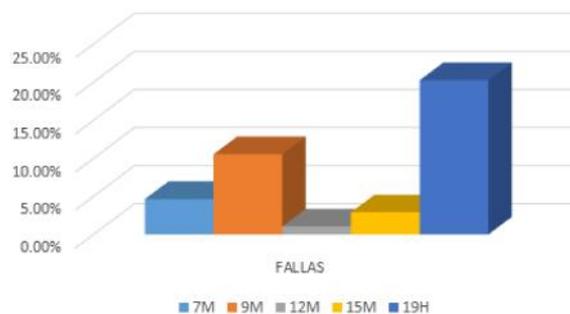
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-16)											
PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
Nombre de la vía: Av. Inca Pachacutec (sentido Mar Del Nte Este – El Sol)				35 M							
Inspeccionado por: Daymer Valdez Manay				Bosquejo			6.5 M				
Sección: 10											
Fecha de inspección: 09-04-18											
Unidad de Muestra: UM10											
Área de Muestra: 227.5 m											
N°	Falla	Un.	N°	Falla	Un.						
1	Piel de cocodrilo	m²	11	Parqueo	m²						
2	Exudación	m²	12	Pulimento de Agregados	m²						
3	Agrietamiento en Bloque	m²	13	Huecos	un						
4	Abultamientos y Hundimientos	m	14	Cruce de Vía Férrea	m²						
5	Corrugación	m²	15	Ahuellamiento	m²						
6	Depresión	m²	16	Desplazamiento	m²						
7	Grieta de Borde	m	17	Grieta Parabólica o Por Deslizamiento	m²						
8	Grieta de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m²						
9	Desnivel Carril / Berma	m	19	Desprendimiento de Agregado Grueso	m²						
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
Falla - Nivel de severidad	Cantidad								Total	Densidad (%)	Valor deducible
7M	2.8	3.2	4.6						10.60	4.66	9.2
9M	16	8							24.00	10.55	9.8
12M	0.54	0.84	0.4	0.64					2.42	1.06	0
15M	3	3.6							6.60	2.90	18
19H	12	9.6	24.5						46.10	20.26	56.00
									TOTAL VD		93.00

NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS > 2:	5
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO:	56.00
NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS (mj):	5.00

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	56.00	18.00	9.80	9.20	93.00	4.00	54.00
2	56.00	18.00	9.80	2.00	85.80	3.00	55.00
3	56.00	18.00	2.00	2.00	78.00	2.00	56.00
4	56.00	2.00	2.00	2.00	62.00	1.00	65.00
						MAX. VDC	65.00

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):	35.00
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	POBRE

UM10



- Índice de Condición de muestreo de UM15

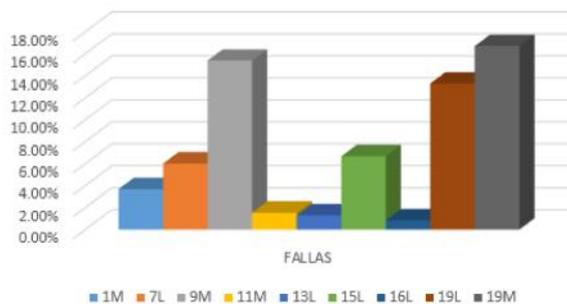
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-16)										
PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
Nombre de la vía: Av. Inca Pachacutec (sentido Mar Del Nte Este – El Sol)				<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 80%; height: 80%; background-color: #cccccc;"></div> <div style="margin-left: 10px;">35 M</div> </div>			6.5 M			
Inspeccionado por: Daymer Valdez Manay										
Sección: 15										
Fecha de inspección: 09-04-18										
Unidad de Muestra: UM15										
Área de Muestra: 227.5 m										
Nº	Falla	Un.	Nº	Falla	Un.					
1	Piel de cocodrilo	m²	11	Parcheo	m²					
2	Exudación	m²	12	Pulimento de Agregados	m²					
3	Agrietamiento en Bloque	m²	13	Huecos	un					
4	Abultamientos y Hundimientos	m	14	Cruce de Vía Férrea	m²					
5	Corrugación	m²	15	Ahuellamiento	m²					
6	Depresión	m²	16	Desplazamiento	m²					
7	Grieta de Borde	m	17	Grieta Parabólica o Por Deslizamiento	m²					
8	Grieta de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m²					
9	Desnivel Carril / Berma	m	19	Desprendimiento de Agregado Grueso	m²					
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m								
Falla - Nivel de severidad	Cantidad							Total	Densidad (%)	Valor deducible
1M	3.6	4.8						8.40	3.69	31
7L	7.3	6.4						13.70	6.02	4
9M	35							35.00	15.38	11
11M	0.54	1.17	1.8					3.51	1.54	12
13L	1	1	1					3.00	1.32	21.5
15L	7.2	5.6	2.4					15.20	6.68	23
16L	1.95							1.95	0.86	4
19L	8.4	9.6	6.5	5.76				30.26	13.30	8
19M	6.8	13.02	18.2					38.02	16.71	21.80
								TOTAL VD		136.30

NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS > 2:	9
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO:	31.00
NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS (mi):	7.00

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	31.00	23.00	21.80	21.50	12.00	11.00	8.00	128.30	7.00	63.00
2	31.00	23.00	21.80	21.50	12.00	11.00	2.00	122.30	6.00	61.00
3	31.00	23.00	21.80	21.50	12.00	2.00	2.00	113.30	5.00	60.00
4	31.00	23.00	21.80	21.50	2.00	2.00	2.00	103.30	4.00	58.00
5	31.00	23.00	21.80	2.00	2.00	2.00	2.00	83.80	3.00	53.00
6	31.00	23.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	64.00	2.00	51.00
7	31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	43.00	1.00	43.50
								MAX. VDC		63.00

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):	37.00
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	POBRE

UM15



- Índice de Condición de muestreo de UM32

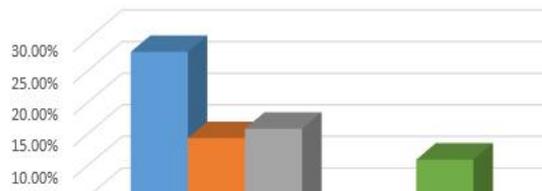
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-16)										
PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
Nombre de la vía: Av. Inca Pachacutec (sentido Mar Del Nte Este – El Sol)				35 M			6.5 M			
Inspeccionado por: Daymer Valdez Manay				Bosquejo						
Sección: 32										
Fecha de inspección: 10-04-18										
Unidad de Muestra: UM32										
Área de Muestra: 227.5 m2										
Nº	Falla		Un.	Nº	Falla		Un.			
1	Piel de cocodrilo		m²	11	Parqueo		m²			
2	Exudación		m²	12	Pulimento de Agregados		m²			
3	Agrietamiento en Bloque		m²	13	Huecos		un			
4	Abultamientos y Hundimientos		m	14	Cruce de Vía Férrea		m²			
5	Corrugación		m²	15	Ahuellamiento		m²			
6	Depresión		m²	16	Desplazamiento		m²			
7	Grieta de Borde		m	17	Grieta Parabólica o Por Deslizamiento		m²			
8	Grieta de Reflexión de Juntas		m	18	Hinchamiento		m²			
9	Desnivel Carril / Berma		m	19	Desprendimiento de Agregado Grueso		m²			
10	Grietas Longitudinales y Transversales		m							
Falla - Nivel de severidad	Cantidad						Total	Densidad (%)	Valor deducible	
1M	9.6	7.2	46.8				63.60	27.96	58.00	
7M	12.6	8.6	11.3				32.50	14.29	17.00	
9M	12.8	13.9	9.2				35.90	15.78	10.60	
11L	1.44	1.62	2.4				5.46	2.40	5.20	
13L	1	1					2.00	0.88	18.00	
19M	13.3	11.52					24.82	10.91	19.30	
								TOTAL VD	128.10	

NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS > 2:	6
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO:	58.00
NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS (mi):	5.00

Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	58.00	19.30	18.00	17.00	10.60	122.90	5.00	64.00
2	58.00	19.30	18.00	17.00	2.00	114.30	4.00	65.00
3	58.00	19.30	18.00	2.00	2.00	99.30	3.00	63.80
4	58.00	19.30	2.00	2.00	2.00	83.30	2.00	59.00
5	58.00	2.00	2.00	2.00	2.00	66.00	1.00	67.00
							MAX. VDC	67.00

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):	33.00
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:	POBRE

UM32



## Anexo 6. Conteo de tráfico vehicular diario

### - Índice medio diario del lunes 09 de abril

TRAMO DE LA CARRETERA		Avenida Inca Pachacutec										
DIA Y FECHA		LUNES 09 DE ABRIL DEL 2018										
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		
					2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S3	3S1/3S2	>= 3S3
DIAGRA. VEH.												
00-01	48	54	49	13	13							
01-02	38	36	31	10	11							
02-03	27	22	20	6	6							
03-04	17	20	11	6	4							
04-05	22	29	15	12	3							
05-06	39	36	50	24	4		13.00					
06-07	142	102	135	66	30		19.00					
07-08	149	107	134	71	30		28.00					
08-09	166	134	143	84	49		35.00					
09-10	72	71	110	74	34		42.00	3			1	
10-11	70	69	105	61	33		32.00					
11-12	68	67	87	59	32		28.00					
12-13	78	77	100	68	37		12.00					
13-14	90	89	115	78	43		8.00	1			1	
14-15	104	102	105	90	49		14.00					
15-16	120	117	81	82	56		9.00					
16-17	108	105	73	74	50		8.00				1	
17-18	86	71	94	66	22		12.00	1				
18-19	96	80	92	69	25		4.00					
19-20	108	90	103	73	28		5.00					
20-21	96	80	92	65	25		3.00					
21-22	85	71	82	58	22		0.00					
22-23	76	82	98	21	11		2.00					
23-24	68	73	87	19	10							
<b>PARCIAL:</b>	<b>1973</b>	<b>1784</b>	<b>2012</b>	<b>1249</b>	<b>627</b>	<b>0</b>	<b>274.00</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

### - Índice medio diario del Martes 10 de abril

TRAMO DE LA CARRETERA		Avenida Inca Pachacutec										
DIA Y FECHA		MARTES 10 DE ABRIL DEL 2018										
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		
					2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S3	3S1/3S2	>= 3S3
DIAGRA. VEH.												
00-01	50	56	51	14	14							
01-02	40	37	32	10	11							
02-03	28	23	21	6	6							
03-04	18	21	11	6	4							
04-05	23	30	16	12	3							
05-06	41	37	52	25	4		13.00					
06-07	148	106	140	69	31		15.00	2				
07-08	155	111	139	74	31		26.00					
08-09	173	139	149	87	51		29.00					
09-10	75	74	114	77	35		34.00	1				
10-11	73	72	109	63	34		26.00	1				
11-12	71	70	90	61	33		21.00	1				
12-13	81	80	104	71	38		14.00					
13-14	94	93	120	81	45		7.00	1				
14-15	100	98	101	86	47		16.00					
15-16	115	112	78	79	54		9.00					
16-17	104	101	70	71	48		8.00	3				
17-18	83	68	90	63	21		13.00	1				
18-19	92	77	88	66	24		6.00					
19-20	104	86	99	70	27		6.00	2				
20-21	92	77	88	62	24		4.00					
21-22	82	68	79	56	21		1.00					
22-23	73	79	94	20	11							
23-24	65	70	84	18	10							
<b>PARCIAL:</b>	<b>1980</b>	<b>1785</b>	<b>2019</b>	<b>1247</b>	<b>627</b>	<b>0</b>	<b>248.00</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Anexo 7. Recopilación de fotos de evaluación del pavimento



*Figura 29:* Medición de falla Parche. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 30:* Medición de falla Hueco. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Recopilación de imágenes del estudio de tráfico



Figura 31: Grabación de tránsito vehicular del día lunes 09 de abril del 2018. Fuente: Elaboración propia.



Figura 32: Grabación de tránsito vehicular del día domingo 08 de abril del 2018. Fuente: Elaboración propia.

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo, **Dra. María Ysabel García Álvarez**, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada

**"Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec - Jicamarca, 2018"**, del estudiante **Daymer Valdez Manay**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, ...5... de ...Julio..... del 2018

*M. Y. G. A.*

Firma

Dra. María Ysabel García Álvarez

DNI: 21453567

					
				Elaboró	Dirección de Investigación

Feedback Studio - Google Chrome  
 https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=1057653098&u=1061528595&lang=es&s=1

Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec... /0



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del estado funcional del pavimento flexible por el método PCI de la avenida Inca Pachacutec – Jicamarca, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

AUTOR  
Daymer Valdez Manay

ASESOR  
Dra. María Ysabel García Álvarez  
Mg. Luis Humberto Díaz Iluiza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ  
2018

Resumen de coincidencias

18 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias		
1	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	3 %
2	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %
3	docplayer.es <small>Fuente de Internet</small>	2 %
4	cybertesis.urp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %
5	www.repositorioacade... <small>Fuente de Internet</small>	1 %
6	pirhua.udep.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %

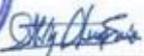
 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> <b>UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo VALDEZ MANAY DAYMER, identificado con DNI N° 62272583, egresado de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo, autorizo ( X ) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "EVALUACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PCI DE LA AVENIDA INCA PACHACUTEC – JICAMARCA, 2018."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

  
 \_\_\_\_\_  
 Daymer Valdez Manay

DNI: 62272583

FECHA: 20 de julio del 2018

 Elaboro	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 Aprobó	 Vicerrectorado de Investigación
--	---	--------	--	---	--



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, LA Dra. MARÍA YSABEL GARCIA ALVAREZ.

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

DAYMER VALDEZ MANAY

INFORME TITULADO:

EVALUACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PCI DE LA AVENIDA INCA PACHACUTEC – JICAMARCA, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**INGENIERO CIVIL**

---

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho 20 de julio del 2018

NOTA O MENCIÓN: 14 (catorce)



*Ysa*

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

*Dra. María Ysabel García Álvarez*