



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aplicación del índice de condición del pavimento en la evaluación
superficial del pavimento flexible, Av. Lima, Comas, 2019

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

AUTOR:

Ventura Fernández Ehlers Zhamild (ORCID: 0000-0002-8330-9307)

ASESORA:

Mg. Nerida Rey Cordova de Velázquez (ORCID: 0000-0002-5646-4985)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedico a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera; asimismo, agradecer a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento. Agradecer a la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo por brindarme conocimientos a través de sus docentes. A mi asesor por el apoyo brindado en las investigaciones realizadas.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, EHLERS Z. VENTURA FERNANDEZ egresado de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo campus Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado:

" APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE " BU LIMA COMPS 2019 , es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 05 de Julio de 2019

Apellidos y Nombres del Autor	
<u>VENTURA FERNANDEZ EHLERS ZHAMIRO</u>	
DNI:	Firma
<u>71430973</u>	
ORCID:	
<u>0000-0002-8330-9307</u>	

ÍNDICE

Carátula-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimiento-----	iii
Página del jurado -----	iv
Declaratoria de autenticidad-----	v
Índice-----	vi
Índice de tablas-----	vi
Índice de gráficos y figuras-----	vii
Resumen-----	ix
Abstract-----	x
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. METODO-----	26
2.1. Tipo y diseño de investigación-----	27
2.2. Población, muestra, muestreo, -----	25
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad-----	29
2.4. Procedimiento-----	30
2.5. Método de análisis de datos-----	31
2.6. Aspectos éticos-----	31
III. RESULTADOS-----	32
IV. DISCUSIÓN-----	46
V. CONCLUSIONES-----	47
VI. RECOMENDACIONES-----	48
REFERENCIAS-----	49
ANEXOS-----	52

Índice de Tablas

Tabla 1. Severidad de huecos.....	18
Tabla 2. Clasificación del estado del pavimento flexible.....	23
Tabla 3. Unidades de muestra a inspeccionar.	28
Tabla 4. Calificación del instrumento de la validez POR juicio de expertos.....	30
Tabla 5. Hoja de registro de unidad de muestra 02.....	33
Tabla 6. Calculo de PCI unidad de muestra 02.	34
Tabla 7. Clasificación del PCI para la UM02.....	36
Tabla 8. Hoja de registro de la UM02.	37
Tabla 9. Hoja de registro de la UM04.....	38
Tabla 10. Hoja de registro de la UM06.....	39
Tabla 11. Hoja de registro de la UM08.	40
Tabla 12. Hoja de registro de la UM10.	41
Tabla 13. Hoja de registro de la UM12.	42
Tabla 14. Hoja de registro de la UM14.	43
Tabla 15. Resumen de la condición actual del pavimento.....	44
Tabla 16. Rango Clasificación del pavimento.	45

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación de la condición del pavimento.....	8
Figura 2. Calculo de número de unidades de muestreo.....	23
Figura 3. Calculo de número máximo de valores deducidos.....	24
Figura 4. Calculo índice de condición del pavimento.....	24
Figura 5. Ubicación de lugar de estudio.....	27
Figura 6. Número de número de unidades de muestreo.....	28
Figura 7. Número de intervalos.	28
Figura 8. Densidad de la falla.	33
Figura 9. Resultado de VDC de la unidad de muestra 02.	34
Figura 10. Número máximo de valores deducidos.....	35
Figura 11. Valor corregido deducido de la UM02.	35
Figura 12. Fórmula para el cálculo del PCI.	36
Figura 13. Fallas del pavimento flexible.	44
Figura 14. Porcentaje de la condición del pavimento flexible.....	45

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para la evaluación superficial del pavimento flexible Av. Lima, Comas, 2019. Por ello se desarrolló las teorías fundamentales, índice de condición del pavimento, evaluación superficial del pavimento y las anomalías del pavimento flexible. El tipo de investigación es aplicada, puesto que es la aplicación de los conocimientos adquiridos, el nivel de la investigación que se desarrollo es explicativo causal, pues la investigación tiene variables independiente y dependiente, de acuerdo al diseño metodológico es no experimental de corte transversal, porque al obtener datos no se manipula las variables no se generan cambios, y se recopilan los datos en una fecha establecida. La población fue la av. Lima del distrito de Comas determinada con una longitud de 574 metros, la muestra de la investigación fueron 7 unidades de muestra, ya que fueron elegidos con un muestreo probabilístico, cada unidad de muestra consta de 41 metros de longitud y 6 metros de ancho. Para la recolección de datos se empleó la técnica de la observación, como instrumento la hoja de registro realizado con las indicaciones del método del índice de condición del pavimento. Uno de los principales resultados obtenidos fue determinar la condición del pavimento flexible, utilizando el índice de condición de pavimento en Av. Lima, Comas, 2019, teniendo como resultado el estado regular con representación de 43% en toda la vía.

Asimismo, se logró obtener 9 diferentes anomalías en la avenida Lima con una severidad media; por ello, se recomendó realizar un mantenimiento constante, ya que puede ocasionar accidentes en los habitantes del distrito de Comas.

Palabras claves: Índice de condición del pavimento, Evaluación superficial del pavimento flexible, fallas del pavimento flexible.

Abstract

The objective of this research work is to know the application of the pavement condition index for the superficial evaluation of the flexible pavement Av. Lima, Comas, 2019. For this reason, the fundamental theories were developed, pavement condition index, surface pavement evaluation and the anomalies of the flexible pavement. The type of research is applied, since it is the application of the knowledge acquired, the level of research that is developed is causal explanation, since the research has independent and dependent variables, according to the methodological design is non-experimental of cross-section, because when obtaining data, the variables are not manipulated, no changes are generated, and the data is collected on a set date. The population was the av. Lima of the district of Comas determined with a length of 574m, the sample of the investigation were 7 sample units, since they were chosen with a probabilistic sampling, each sample unit consists of 41m in length and 6m in width. The technique of observation was used for the data collection, as an instrument the record sheet made with the indications of the pavement condition index method. One of the main results obtained was to determine the condition of the flexible pavement, using the pavement condition index in Av. Lima, Comas, 2019, resulting in the regular state with representation of 43% in the whole road.

Likewise, 9 different anomalies were obtained in Lima Avenue with a medium severity; for this reason, it was recommended to carry out a constant maintenance, since it can cause accidents in the inhabitants of the district of Comas.

Keywords: Pavement condition index, Surface evaluation of flexible pavement, flexible pavement failures.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la mayor parte de pavimentos flexibles o asfálticos en el Perú no vienen cumpliendo su tiempo de vida útil, por una inadecuada construcción, supervisión o la aparición de anomalías o fallas en los pavimentos asfálticos. Según una de las entrevistas del ingeniero Néstor Huamán Guerrero comentó que el deterioro del pavimento asfáltico comienza con pequeñas fisuras en diferentes direcciones generando grandes rajaduras hasta perderse los materiales de la carpeta apareciendo las diversas anomalías en la carpeta asfáltica. Existen 19 tipos de fallas según la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTMD6433) en un pavimento asfáltico. Por lo tanto, al identificar estas fallas se recurre a realizar una etapa previa en la cual consiste en la evaluación del estado actual del pavimento para tomar una adecuada decisión, lamentablemente los municipios de todos los distritos del Perú no tienen un planeamiento definido y deciden actuar sin antes analizar. Por ello vemos las pistas con baches, huecos o cualquier otro tipo de fallas en pocos meses de haberse hecho un mantenimiento o rehabilitación. Debido a esto, los peatones y el tráfico vehicular generan caos e incomodidad en el pasajero; además, esta situación problemática origina mayores accidentes especialmente en los niños; así también afectando el tiempo de vida del vehículo.

En el distrito de comas se pueden identificar diferentes tipos de anomalías, especialmente en la Av. Lima ubicado entre las avenidas Madreselvas y la avenida Pimentel. En la cual esta investigación realizará una evaluación superficial del pavimento flexible o asfáltico mediante el índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433) denominado también como “Método PCI” (Pavement Condition Index), este método nos proporcionará una base sólida y objetiva para obtener resultados que nos ayuden al mantenimiento, reparación y prioridades. El seguimiento constante del método PCI se emplea para determinar el nivel del pavimento, lo que permite la identificación de las principales necesidades de rehabilitación. A continuación, se verán algunos trabajos relacionados a la evaluación superficial del pavimento flexible.

En la tesis “*Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima*” Robles (2015) realizó un análisis del tipo de daño, densidad y severidad del pavimento flexible en la avenida. Pedro Osma en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco,

teniendo como objetivo principal determinar o calcular la condición del estado actual del pavimento flexible utilizando la Norma ASTM D6433. La metodología que empleo fue no experimental de tipo descriptiva la cual se inspeccionó de manera visual obteniendo como resultado un pavimento en mal estado, la falla con mayor incidencia fue piel de cocodrilo teniendo una severidad alta lo que concluye que se debe realizar una reconstrucción de la sección total del pavimento flexible.

De igual forma en la tesis titulada “*Determinación del índice de condición del pavimento flexible en la carretera Cajamarca - Otuzco, distrito de baños del inca, departamento de Cajamarca – 2016*” presentada por el ingeniero Álvarez Delgado Edwin Domingo de la universidad Cesar Vallejo sostuvo como objetivo describir el estado actual del pavimento asfáltico o flexible de la carretera Aeropuerto-Otuzco empleando el método del PCI para que las autoridades tomen medidas correctas ante las diversas fallas de severidad alta encontradas. Su diseño metodológico fue de tipo descriptivo, no experimental, analítica y de corte transversal porque fue detallada sin ninguna modificación estudiando el problema como se muestra en el entorno natural sin adquirir ensayos o laboratorios en un determinado tiempo, así mismo analítico pues estudió las especificaciones de cada anomalía y fija sus posibles causas. Del análisis del pavimento flexible se concluyó que es conveniente realizar un mantenimiento rutinario que consta de las reparaciones menores con el propósito de extender el tiempo de vida útil, además se obtuvo el principal factor de deterioro del pavimento es al incremento del medio de tráfico.

En la tesis “*Fallas o anomalías en el Pavimento Asfáltico de la avenida vía de Evitamiento Sur*” del ingeniero Carlos Gonzales (2015), realizó la identificación de las diferentes fallas de la carpeta con el fin de evaluar y determinar la severidad de las fallas en el pavimento asfáltico de la av. vía de Evitamiento Sur, lo cual aplicó una metodología descriptiva de investigación no experimental. Así mismo se obtuvo un total de 584 fallas en el pavimento de la avenida Evitamiento sur que por consiguiente se han determinado que las fallas en el pavimento asfáltico de la Av. de Evitamiento sur generalmente son de severidad baja, así llegando a la conclusión de que la falla más repetitiva es el parche.

En otra tesis de ingeniero Rafael Zevallos titulada “Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017.”

Utilizo el método del índice de condición del pavimento con el objetivo de identificar y evaluar el estado situacional la falla superficial y deterioros existentes. Por ello su metodología de investigación fue observacional, análisis, estadístico y descriptivo de diseño no experimental. Así se tuvo como resultado el pavimento flexible de estado regular.

Después de saber el estado se tomó en consideración el metrado de fallas para elaboración de un presupuesto estimado en las calles de la ciudad de Barranca; asimismo, un cronograma de rehabilitación e inclusive una estrategia de inversión.

Por otro lado en la tesis internacional de los ingenieros Cristian Sierra y Andrés Rivas titulada “*Aplicación y Comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo 00+000 – 01+020 de la vía Yomasa. Pretenden obtener una relación de las metodologías de diagnóstico vial VIZIR Y PCI aplicada al tramo de vía en la UPZ Yomasa*”, también se evaluó la severidad de los daños encontrados, para ello buscaron y recopilaron antecedentes en cuanto a las estrategias de conservación y mantenimiento por los dos métodos. En la conclusión de su proyecto de investigación mencionaron que el método del PCI es más completo a diferencia del VIZIR. Puesto que el PCI tiende a ser compleja y difícil, debido a los rangos que existen que van desde 0 hasta 100, así mismo el procedimiento que se utiliza es más completo y detallado lo que hace que sea más demorada en su evaluación y análisis.

Así mismo, en la tesis de la ingeniería Paula Icarte titulada “*Análisis de Metodologías de Evaluación de Deterioro para la Conservación de Pavimentos Urbanos*”. Tiene como objetivo presentar recomendaciones sobre las diferentes metodologías para la conservación y mantenimiento de pavimentos urbanos, las cuales son: Metodología Simplificada de Preparación y Evaluación de Proyectos de Mantenimiento Vial Urbano (MANVUSIMP) y el Pavement Condition Index (PCI). Estas dos metodologías se complementan en matrices para determinar la conservación del pavimento, ya que en Chile se basan a inspecciones visuales del evaluador. Para la evaluación se tomó la calle Exequiel Fernández en Santiago, se realizó la inspección y identificación de las fallas presentes en el lugar empleando las dos metodologías MANVUSIMP y PCI, con el propósito de comparar los resultados en la calle. Como resultado de la comparación se obtuvo valores similares, en la cual la calle se encontraba en estado regular a buena, considerando fallas de severidad alta en las calles aisladas, pues es necesario un mantenimiento para evitar que el pavimento se deteriore más.

Sin embargo, lo observado en terreno difiere de esto, puesto q se encontraron fallas de severidad alta en la mayoría de los tramos, en consecuencia, se comprobó que estas metodologías no son suficientes para la toma de decisiones relacionadas con soluciones a la conservación, y que es importante realizar ensayos o estudios estructurales del pavimento que complementen con fundamentos estas metodologías.

En suma, el ingeniero Hugo Mora en la investigación que realizó titulada “***Propuesta metodológica de un sistema catastral para el mantenimiento de las carpetas asfálticas del municipio Maracaibo del estado Zulia Venezuela***”. (2017). Tiene como objetivo realizar una propuesta metodológica para el mantenimiento para las carpetas asfálticas, para ello se presentará un proceso de inspección visual no invasivo el cual consiste en la evaluación de la carpeta asfáltica situada en la Av. 92 entre las calles 79 A y 79 G, Raúl Leoni III, Maracaibo, tomada como patrón a los fines de determinar las condiciones físicas actuales de la mencionada vía, utilizando técnicas de inspección visual, como el método PC.

Considerando para ello el estado del pavimento, condiciones y fallas presentes en el área, a través de la observación y levantamientos plan altimétrico del ares de la vía, a los fines de obtener los perfiles y dimensiones de las fallas. El tipo de investigación es experimental con nivel proyectivo, se tomó una muestra detallada de fallas presentes. Se utilizó los argumentos teóricos de los autores Chávez, Manzano y Hernández (2012). Se desarrolló satisfactoriamente el método del PCI para la conservación y rehabilitación del pavimento asfáltico, objeto de la investigación propuesta en la Guía Metodológica de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos (la cual se caracteriza con 2% de pendiente, visualizando buen drenaje). En conclusión, la propuesta del estado de la carpeta asfáltica fue de conservación moderada, el tramo vial en estudio, para el sistema catastral.

Por consiguiente, se presenta los 3 antecedentes en inglés:

“Development of PCI-based Pavement Performance Model for Management of Road Infrastructure System” by Kan Wu. The research was based on the precise prediction of the condition of the pavement for the proper management of the transport infrastructure system. By reducing the error of prediction of pavement deterioration, entities can significantly save budgets through precise planning. The objective of this research study was to develop a methodology to calculate a pavement condition index (PCI) based on historical data from relief compiled in the databases of the long-term pavement performance program (LTPP)

and the Minnesota Road Research project (Mn / ROAD). In the investigation excel sheets were used to successfully develop the calculation of the PCI for the different sample units. The construction and verification of the master curve of PCI-based pavement performance was also developed as part of this research effort. The analysis and results of the LTPP data for several case studies indicated that the focus of the study is rational and yielded statistical measures of accuracy from good to excellent. En la investigación emplearon metodologías para el cálculo preciso del PCI empleando hojas de Excel como apoyo, así se obtendrán resultados con menor error, lo cual reducirá el presupuesto de la rehabilitación.

“Application of pavement condition index (PCI) assessment method for rural road maintenance in kuching-samarahan area” by Shawn Mckenzie. Road is very important infrastructure as mean of access for the community that lives in rural area. Rural roads need to be regularly maintained to ensure achieving serviceable lifespan and continuously to be in good, optimum condition. The aim of this study is to conduct the Pavement Condition Index (PCI) assessment method to selected rural roads within Kuchingamarahan area. Pavement failures can be evaluated using visual or mechanized method. Visual inspection is used by recording all possible pavement failures. On the other hand, the mechanized and more repetitive method, in conclusion, can be collected effectively. The pavement condition index is a numerical index between 0 and 100 and is used to indicate the condition of a road pavement. PCI assessment method incorporates the severity and density ratings for each distress types and converts the data to a single distress score based on a declining condition scale from 100 to 0. The Pavement Condition Index is computed using the relation $PCI = 100 - COV$ for each sample unit inspected. This condition index is useful to give a good indication of the pavement condition of a network.

“Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network” by Yogesh U.Shah. Pavements are major assets of highway infrastructure. Maintenance and rehabilitation of these pavements to the desired level of serviceability is one of the challenging problems faced by pavement engineers and administration in the highway sector. The evaluation of pavement performance using pavement condition indicators is a basic component of any Pavement Management System. Various indicators like Pavement Condition Index (PCI), Present Serviceability Rating (PSR), Roughness Index (RI), etc. have been commonly used to assign a maintenance strategy for the existing pavements. The

present paper is an effort in the similar direction, to develop a combined Overall Pavement Condition Index (OPCI) for the selected network of Noida urban roads.

The study area consists of 10 urban road sections constituting 29.92 km of Noida city. The methodology includes identification of urban road sections, pavement distress data collection, development of individual distress index and finally developing a combined OPCI for the network. The four performance indices viz. Pavement Condition Distress Index ($PCI_{Distress}$), Pavement Condition Roughness Index ($PCI_{Roughness}$), Pavement Condition Structural Capacity Index ($PCI_{Structure}$) and Pavement Condition Skid Resistance Index (PCI_{Skid}) are developed individually. Then all these indices are combined together to form an OPCI giving importance of each indicator. The proposed index is expected to be a good indicative of pavement condition and performance. The developed OPCI was used to select the maintenance strategy for the pavement section.

Además, se presenta los 3 artículos científicos:

En el artículo del ingeniero Andrés Sotil titulada “***Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales publicado por el ingeniero.***” En el presente artículo el ingeniero presenta una propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP Pavement Management System PMS) para gobiernos y municipalidades que no cuenten con suficiente presupuesto para un mayor manejo del estado del pavimento. Tuvo como objetivo proponer a las entidades respectivas la metodología que le permita rechazar las decisiones de reparación y mantenimiento basadas en política (presión popular, reclamos), para pasar a un sistema objetivo, racionalizado y programado con base probabilística y estocástica, basada en evaluaciones metodológicas funcionales y de confortabilidad.

Las entidades municipales una vez empleado el sistema de gestión de pavimentos se recomienda que elaboren una base de datos históricos, que valla a permitir la utilización de metodologías empíricas, que nos van a permitir dar el salto a largo plazo a métodos mecanísticos y empíricos.

Además, el artículo propone un ejemplo aplicativo en la gestión de pavimentos, lo cual podría ser empleado como guía para las municipalidades o gobiernos locales; asimismo, asimismo podría tener en cuenta para implementar un manual nacional en la Gestión de pavimentos en el Perú.

Por otro lado, el ingeniero Joaquín Llosa en la investigación realizada cuyo título es ***“Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.”*** Señala que al mantener los pavimentos en una condición buena es un problema, puesto que hay una ausencia de un sistema de mantenimiento vial. Por ello, ha generado al desarrollo procedimiento de evaluación y rehabilitación de pavimentos que permitan el desarrollo técnico para el municipio. El ingeniero sugirió una metodología racional, lo cual permitirá evaluar constantemente las vías y de esta forma realizar un plan técnico y económico para la conservación del pavimento. La evaluación superficial de la carpeta asfáltica que realizó fue en el distrito de la Molina.

Finalmente, en el estudio realizado por el ingeniero Domingo Dávila cuyo título ***“Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la avenida Chiclayo.”*** El trabajo realizado consistió en la aplicación del PCI en la vía de la “Interconexión Vial Chiclayo – Lambayeque – Ferreñafe”, en el distrito José Leonardo Ortiz hasta la entrada de la Panamericana Norte, la cual tiene una distancia de 6.3 km, tuvo como objetivo determinar el estado del pavimento con relación a las anomalías existentes. El tipo de investigación fue no experimental y descriptivo. La investigación desarrollada tuvo dos etapas. Primero se recopiló los datos necesarios en campo mediante una hoja de registro, en segundo lugar, se determinó el PCI del pavimento en gabinete, se tuvo en cuenta los pasos establecidos en la metodología PCI por ello se dividió en 6 tramos, así cada tramo fue fraccionado en un número entero de unidades de muestra, que se encontraban en un rango de 20+/- 8 losas para la unidad de muestreo y con un ancho de 7.60m, inspeccionando el número de unidades de muestras de 12 por kilómetro. En conclusión, se encontró 10 anomalías de las 19 que existen en la norma del PCI en concreto de cemento hidráulico. En la investigación se presentan los planos con diferentes tipos de anomalías sectorizados; además, se realizó un plan adecuado para el mantenimiento de las fallas que existen. Es necesario tener en cuenta las bases teóricas que a continuación se mencionaran.

Evaluación Superficial del Pavimento Flexible

Antiguamente los pavimentos no eran administrados, pero si mantenidos o rehabilitados. Algunos ingenieros con experiencia seleccionaban la técnica más adecuada de mantenimiento y rehabilitación, y no tenían consideración con el costo y ciclo de vida del

pavimento. Actualmente, todos los pavimentos vienen siendo administradas y no simplemente mantenidas, generalmente en un pavimento antiguo necesita tener mayor acceso sistemático para así determinar las necesidades y prioridades del mantenimiento.

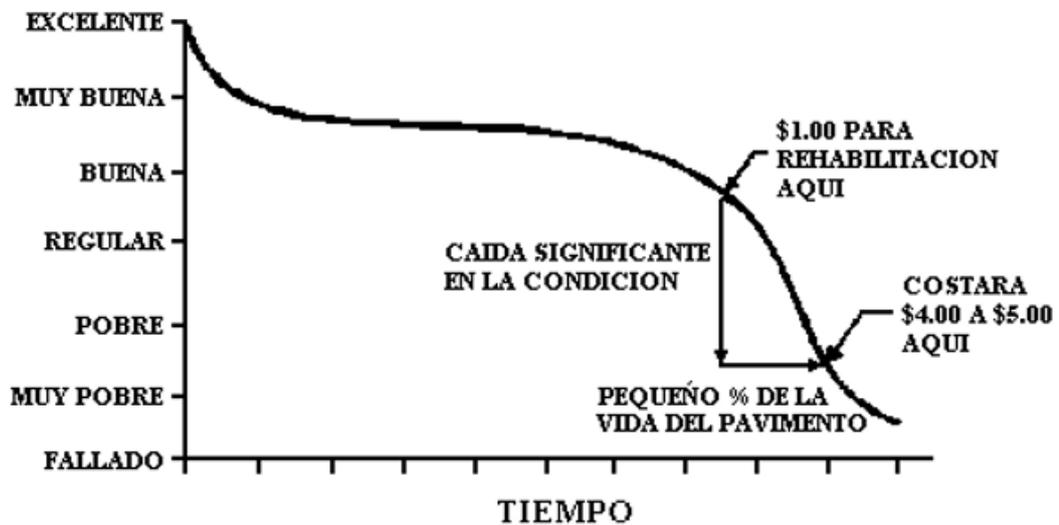


Figura 1: Clasificación de la condición del pavimento

Fuente: Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots, M. Y. Shahin, 1994. Es necesario realizar una evaluación previa para identificar las primeras fases de deterioro en un pavimento para poder tomar acciones que pueden reducir hasta un 50% de los costos de reparación, además también pueden evitarse tiempos excesivos en el cierre del tráfico y desvíos.

Por ello, es indispensable identificar las fallas existentes en el lugar de estudio realizando una evaluación visual, en consecuencia, es necesario conocer a detalle las diferentes anomalías o fallas del pavimento asfáltico según el método de índice de condición de pavimento (PCI). (Universidad Mayor de San Simón, 2004, p.375).

Estudios preliminares

Los estudios preliminares se realizan en todo proyecto, ya que podemos identificar los recursos y requisitos por cumplir, se señalan los estudios indispensables a realizar, se dan a conocer las condiciones dadas a nivel de la reglamentación. Además, se identifican las condiciones ambientales, físicas de la zona de estudio; por lo cual, sin este estudio ningún proyecto se puede desarrollar. Estos estudios lo pueden desarrollar profesionales capacitados en el área. (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, 2016, p17)

Es imprescindible realizar estudios preliminares, pues nos ayudaran a establecer prioridades para la ejecución de un estudio; por ello, es necesario obtener datos de campo que este disponible y complementando a lo detallado. Si todavía el reconocimiento del lugar es importante, su grado de detalle variará según la información geomorfológica (Manual de Carreteras DG 2018, p 16).

Adicionalmente, en la localización y evaluación preliminar se verificarán el terreno y auscultarán de la superficie de la infraestructura. Los datos recopilados determinaran las características de los materiales y su forma de presentación (homogeneidad, configuración de partículas, calidad, etc.). En esta etapa de evaluación y auscultación superficial se registrá según procedimientos simples, la cual puedan permitir reconocer propiedades básicas y seleccionar los materiales inapropiados. (Manual de Carreteras, suelos y pavimentos 2013, p 52).

Niveles de severidad.

Los niveles de severidad se definen como el grado de deterioro del pavimento, ya que están en función de la clase de daño, severidad y densidad. Para determinar un índice que contenga los factores se añadió los valores deducidos, como un factor, la cual tiene el único fin de indicar el grado de afectación de cada uno de los factores (nivel de severidad, densidad y clase de daño). (Vásquez, 2002, p.2).

El pavimento se divide en secciones y cada sección en unidades de muestra. Estas unidades de muestra se evalúan te acuerdo al grado de severidad o gravedad de la anomalía por medio de una inspección visual midiendo cada anomalía que presenta el pavimento, para luego clasificarla según los datos de severidad de cada falla del pavimento. (American Society of Testing and Materials, 2016, p.2).

Todas las fallas existentes se deben cuantificar según el tipo, extensión y severidad. El tipo de anomalía se refiere a cada una de las 19 fallas que existe en un pavimento flexible, la severidad será definida por la apariencia de la anomalía expresada en porcentaje, en unidades de longitud, la severidad puede ser baja, media o alta según a la información de datos recopilados. (Morales, 2005, p. 47)

Definición de Anomalías en los Pavimentos Asfálticos

De acuerdo con el sistema de convención establecido por el Método Pavement Condition Index PCI (USA) se presenta 19 diferentes tipos de fallas o anomalías para determinar la condición de pavimento asfáltico, no obstante, es conveniente añadir que esta metodología no es la única a nivel internacional puesto que existen diferentes catálogos para la cuantificación e identificación del deterioro del pavimento.

Falla1: Piel de cocodrilo

Se define piel de cocodrilo como una anomalía constituida como una serie de fisuras interconectadas causada por acciones repetitivas de cargas de tráfico. Empiezan en la superficie carpeta asfáltica, cuyo esfuerzo de tensión es mayor bajo la acción de la carga del neumático. A un principio aparecen estas grietas de forma longitudinalmente paralelas. Luego de un determinado tiempo y las repetidas cargas del tráfico, las grietas se enlazan, así formando un ángulo de 90 grados que generan la anomalía de piel de cocodrilo. Estas piezas tienen un tamaño menor a 2 pies (0.6 m) en la cara más larga.

Son originarias mayormente en donde existe mayor tráfico o estén sujetas a cargas repetitivas. Por consiguiente, estas grietas no pueden aparecer en toda la superficie a menos que toda la vía este en constante tráfico y si ese es el caso se denomina anomalía de agrietamiento en bloque, puesto que esta no está asociado a una falla a causa de cargas. (Vásquez, 2002, p.10).

Severidad

BAJO (L): Las grietas son finas fisuras, estas líneas pueden ser comparadas con el ancho de un pelo de cabellos conectados, que se encuentran perpendicularmente.

MEDIO (M): Se han originado grietas notoriamente suaves en el pavimento

ALTO (H): La superficie de agrietamiento ya contiene trozos definidos que pueden tener un desgaste del material asfáltico.

Medición

Este tipo de anomalías se deben medir en p2 o m2. En caso de encontrarse con 2 o más diferentes niveles severidad en una misma superficie o área del pavimento, pueden ser evaluados independientemente, de lo contrario se toma el nivel de severidad mayor para tener así una evaluación eficaz.

Medidas de reparo

BAJO (L): Se realiza un sello superficial.

MEDIO (M): Se realiza un parchado completo o parcial; Reconstrucción.

ALTO (H): Se realiza una reconstrucción o un parchado completo.

Falla 2: Exudación

La falla está compuesta por un elemento bituminoso encima la carpeta de pavimento asfáltico, lo que genera una superficie brillante usualmente puede ser pegajosa.

La exudación es originada por demasía de asfalto en la mezcla, exceso de utilidad de un sello asfáltico, bajo contenido de espacios libres de aire en la mezcla. Generalmente ocurre cuando el asfalto llena los vacíos durante la mezcla en caliente y por esta razón esta tiende a expandirse en la superficie del pavimento. Este proceso de “Sangrado” puede generarse en temperaturas altas en donde se almacenará sobre la superficie. (Vásquez, 2002, p.12)

Severidad

BAJO (L): la exudación es muy suave y solo se puede apreciar durante pocos días. También puede pegarse a los calzados o neumáticos.

MEDIO (M): la exudación es generada con mayor frecuencia, y la mezcla se pega al calzado y neumático durante algunas semanas.

ALTO (H): la exudación es frecuente y muy considerable, así mismo puede pegarse al calzado y vehículo durante varias semanas o meses durante el año.

Medición

Se mide en pies cuadrados o metros cuadrados de área. Si se registra la exudación ya no será registrado el pulido de agregados puesto que no se pueden presentar ambos casos en la superficie del pavimento asfáltico.

Medidas de reparo

BAJO (L): No se realizará nada.

MEDIO (M): Se aplica un sello superficial con arena y agregado

ALTO (H): Es necesario colocar un sello superficial de arena, agregado y rodillo

Falla 3: Agrietamiento en bloque

Este tipo de fallas son fisuras o grietas interconectadas que dividen la superficie en forma rectangular mayormente. Están establecidas en un rango que va desde 1 pie por 1 pie hasta 10 pies hasta 10 pies. Generalmente es causado por la contracción del pavimento asfáltico y la acción repetitiva de las temperaturas (tensión y contracción) y no a la acción de las cargas del tráfico. Esta falla nos indica que el asfalto es mayormente más duro, la aparición se puede dar en una parte o en todo el ancho del pavimento asfáltico. (Vásquez, 2002, p.14)

Severidad

BAJO (L): Están definidas por bloques que son de severidad baja

MEDIO (M): Están definidas por bloques conformadas por grietas o fisuras de severidad media.

ALTO (H): Definidas por fisuramientos o fisuras con severidad alta

Medición

Son medidas en pies cuadrados o metros cuadrados de área, por lo general ocurren con una sola aparición de severidad por área, pero si este no es el caso se deberán registrar con diferentes tipos de severidades.

Medidas de reparo

BAJO (L): Realizar un sello superficial sobre las grietas

MEDIO (M): Realizar un sello sobre las fisuras; remover en caliente y recubrir

ALTO (H): Realizar un sello sobre las grietas; remover en caliente y recubrir

Falla 4: Bombeo y hundimiento

Los bombeos son deformaciones pequeñas generalmente hacia arriba de la superficie pavimentada. Estos son causados por aumento gradual de hielo, reconstitución del material en una grieta en combinación con las cargas de tráfico y abultamiento de pavimento hidráulico en pavimentos de concreto asfálticos.

Los hundimientos son deformaciones mayormente hacia abajo de la carpeta asfáltica. Distorsiones que se presentan a lo largo de la carpeta asfáltica que causan depresiones anchas también conocidas protuberancias. (Vásquez, 2002, p.16)

Severidad

BAJO (L): El abultamiento o hundimiento generan una calidad de tránsito, lo cual es de severidad baja.

MEDIO (M): El abultamiento o hundimiento generan una calidad de tránsito, lo cual es de severidad media.

ALTO (H): El abultamiento o hundimiento generan una calidad de tránsito, lo cual es de severidad alta

Medición

Se mide en pies o metros de longitud. Si el bombeo se hace presente perpendicularmente al tráfico y tienen un espacio menor a 3 m, esta falla se denomina corrugación, y si esta unida a una grieta o fisuramiento de igual forma será registrada.

Medidas de reparo

BAJO (L): No realizar nada

MEDIO (M): Es necesario realizar un parchado de la carpeta parcial o profunda

ALTO (H): Es necesario realizar un parchado de la carpeta parcial o profundo de la sobrecapa.

Falla 5: Corrugación

Es también conocida como tabla de lavado, generalmente son menores a 3m determinada por una serie de lomos espaciados (ondas) y tienden a ser perpendiculares al tráfico. Es causado por la acción repetitiva del tráfico y un pavimento mal construido. (Vásquez, 2002, p.18)

Severidad

BAJO (L): Las corrugaciones producen un tránsito de calidad, lo cual es de severidad baja.

MEDIO (M): Las corrugaciones producen un tránsito de calidad, lo cual es de severidad media.

ALTO (H): Las corrugaciones producen un tránsito de calidad, lo cual es de severidad media.

Medición

La corrugación debe ser medida en pies² o metros² de área.

Medidas de reparo

BAJO (L): No se realiza ningún trabajo

MEDIO (M): Es necesario realizar una reconstrucción

ALTO (H): Es necesario realizar una reconstrucción

Falla 6: Depresiones

Estas anomalías son áreas de superficie de la carpeta asfáltica con deformaciones hacia arriba ligeramente más bajas. Estas anomalías son notadas mayormente al finalizar la precipitación cuando el agua es estancada. La causa principal de esta es por el asentamiento del terreno de fundación o por una mala supervisión al momento de su construcción. Los hundimientos son caídas accidentales en elevación a diferencia de la depresión. (Vásquez, 2002, p.19)

Severidad

Pueden ser cuantificadas de la siguiente manera:

BAJO (L): Las depresiones de severidad baja están en el rango de 13mm a 25 mm

MEDIO (M): Las depresiones de severidad media están en el rango de 1 pulgada a 2 pulgadas

ALTO (H): Las depresiones de severidad alta están en el rango mayores a 2 pulgadas.

Medición

Las depresiones deben ser medidas en pies cuadrados o metros cuadrados de área.

Opciones de reparo

BAJO (L): No realizar ningún trabajo.

MEDIO (M): Realizar un parchado del pavimento flexible parcial o total.

ALTO (H): Realizar un parchado del pavimento flexible parcial o total.

Falla 7: Agrietamiento en el borde

Las grietas de borde pueden seguir creciendo a causa de las cargas repetitivas del tráfico. Estas van en la misma dirección al borde del pavimento en 0.3 m a 0.6 m y están generadas por el ablandamiento de la fundación, base o sub-base en los extremos del pavimento. Si el pavimento es clasificado como desmembrada es posible que se realice una reconstrucción en el área del daño. (Vásquez, 2002, p.22)

Severidad

BAJO (L): Las grietas severidad baja tienen pequeños desprendimientos o fragmentación.

MEDIO (M): Las grietas presentan algunos o varios desprendimientos.

ALTO (H): Las grietas ya tienen un considerable desmembramiento.

Medición

Estas anomalías o fallas se deben medir en pies o metros de longitud.

Medidas de reparo

BAJO (L): No realizar ningún trabajo, si se encuentran grietas mayores a 3mm realizar un sellado,

MEDIO (M): Realizar un sellado de grietas, o también un parchado superficial.

ALTO (H): Realizar un sellado parcial o profundo.

Falla 8: Agrietamiento reflejo de juntas

El agrietamiento reflejo de juntas es causado mayormente por los movimientos térmicos y la humedad de la carpeta de concreto que están por debajo de la carpeta asfáltica. Este tipo de fallas solo pueden ocurrir en asfaltos que fueron construidos por encima de un pavimento de concreto. Es necesario conocer las dimensiones de áreas determinadas por el pavimento de concreto ya que ayudara a hallar esta falla. Así mismo no tienen relación con la carga del tráfico. (Vásquez, 2002, p.24)

Severidad

BAJO (L): Generalmente existe algunas de las siguientes condiciones:

1. Grietas con un ancho menor a 10mm
2. Grietas mayormente llenas de cualquier ancho

MEDIO (M): Se tiene en cuenta una de las condiciones:

1. Grietas no rellenas con un ancho de rango de 10mm a 76 mm.
2. Grietas no rellenas con un ancho mayor a 76mm
3. Las fisuras están rellenas con cualquier ancho unidas con grietas aleatorias

ALTO (H): Tiende a tener una de las siguientes condiciones,

2. Las grietas no son llenas con un ancho mayor a 76mm.
3. Existe fisuramientos de cualquier ancho, en donde tengas agrietamientos alrededor

Medición

Se deben medir en pies o metros lineales. En caso de que existan diferentes agrietamientos estas se consideran separadas de acuerdo a la severidad que tengan.

Opciones de reparo

BAJO (L): Se realiza un sellado de las grietas mayores a 3mm

MEDIO (M): Es necesario realizar un sellado o parchado parcial

ALTO (H): Se realiza un parchado profundo o si es necesario una reconstrucción de juntas

Falla 9: Desnivel carril – berma

Esta falla es causada por la erosión de la berma, una colocación de una sobrecapa en la carpeta asfáltica o asentamiento de la berma. Son deformaciones de desnivel entre la berma y el carril del pavimento asfáltico. (Vásquez, 2002, p.26)

Severidad

BAJO (L): El desnivel del borde y la berma está en el rango de 25 y 51 mm.

MEDIO (M): El desnivel del borde y la berma está en el rango de 51.0 mm y 102.0 mm.

ALTO (H): El desnivel es mayor a 102.00 mm.

Medición

Esta anomalía se mide en metros lineales (m).

Falla 10: Grietas longitudinales y transversales

Las fisuras o grietas longitudinales son equidistantes al eje del pavimento o al tráfico vehicular que pueden ser causados por:

1. Una inadecuada construcción en las juntas.
2. Ciclos diarios de temperatura o contracción de la carpeta asfáltica
3. Grietas de la superficie de pavimento de concreto que se ve reflejada en el pavimento asfáltico.

Las grietas o fisuras transversales mayormente son perpendiculares a la dirección del tráfico que no son asociadas a las cargas de los vehículos. (Vásquez, 2002, p.28)

Severidad

BAJO (L): La abertura de la fisura es generalmente menor que 1 mm, en buen estado.

MEDIO (M): El orificio de la fisura se encuentra en un rango de 1 mm a 3 mm, si existen algunas fisuras de severidad baja en los bordes, existe una gran posibilidad que haya infiltración en el pavimento.

ALTO (H): La ranura de la fisura es mayor que 3 mm, que pueden causar desplazamientos inesperados en los vehículos.

Medición:

Esta anomalía se mide en metros lineales o pies. Si un hundimiento se hace presente en una fisura, también debe ser registrada.

Falla 11: Parcheo

El parchado es un área de la carpeta asfáltica, el cual fue sustituido con un material nuevo para rehabilitar la carpeta asfáltica dañada. (Vásquez, 2002, p.30)

Severidad

BAJO (L): El parchado superficial o profundo se encuentra en buenas condiciones

MEDIO (M): El parchado superficial o profundo se encuentra moderadamente deteriorado

ALTO (H): El parchado superficial o profundo se encuentra en mal estado o muy deteriorado

Medición

Los parchados se deben medir en metros cuadrados de área. Es posible que un área de parchado tenga varios niveles de severidad, pues se registran separadas. Si la cantidad de parchados en el pavimento es mucha, esta se considera como un pavimento nuevo y no un parchado.

Falla 12: Pulimiento de agregados

Esta falla es generada por aplicación repetitiva del tráfico vehicular. Se puede identificar al momento de hacer contacto con la superficie del pavimento esta es lisa, además la consistencia con los neumáticos se reduce notablemente. (Vásquez, 2002, p.32)

Severidad

Para esta anomalía no se encuentra exactamente definido. No obstante, si el nivel de pulido es considerable tendrá que ser registrado en la evaluación de anomalías como un defecto.

Medición

Se deben medir metros cuadrados de área. Si es considerado en la superficie la anomalía de exudación esta ya no será registrada.

Falla 13: Huecos

Los huecos son menores que 0.90m pueden definirse como depresiones pequeñas en la superficie de la carpeta asfáltica. El crecimiento viene a ser acelerada por la acumulación en el interior; además, son causadas por el tráfico permanente que desprende la superficie asfáltica y por una pobre mezcla en la superficie del pavimento o base. Cabe añadir que la severidad alta de piel de cocodrilo también genera los huecos que son asociados con la condición estructural del pavimento que no pueden confundirse con desprendimiento. (Vásquez, 2002, p.33)

Severidad

Tabla 1: Severidad de huecos

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

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

Medición

Los huecos se miden por el número de unidades clasificándolo con la severidad adecuada.

Falla 14: Cruce de ferrocarril

Este tipo de anomalía es generado por el cruce del ferrocarril que ocasiona depresiones y bombeos en el perímetro de las vías. (Vásquez, 2002, p.35)

Severidad

BAJO (L): Esta anomalía genera tránsito de severidad baja

MEDIO (M): Esta anomalía genera tránsito de severidad media

ALTO (H): Esta anomalía genera tránsito de severidad media

Medición

Se deben medir en pies cuadrado o metros cuadrados de área. Cualquier deformación extensa creada por las vías se registrará como parte del cruce.

Falla 15: Ahuellamientos

Esta anomalía es una depresión en la carpeta asfáltica de las huellas del neumático, se presenta el levantamiento de la carpeta en toda la deformación de la falla. En distintos casos se puede observar luego de la precipitación, cuando las huellas estén saturadas del fluido. El ahuellamiento es definido mediante una alteración constante en cualquiera de las capas del pavimento asfáltico. Un ahuellamiento considerable puede encaminar a una falla estructural grave del pavimento asfáltico. (Vásquez, 2002, p.37)

Severidad:

BAJO (L): Se considera de severidad baja cuando tiene una profundidad de 6 a 13 mm.

MEDIO (M): Se considera de severidad media cuando tiene una profundidad de 13 a 25 mm.

ALTO (H): Se considera de severidad alta cuando tiene una profundidad mayor a 25 mm.

Medición

Esta anomalía o falla se debe medir en metros cuadrado de área. La profundidad promedio es evaluada colocando una regla perpendicular que cruce la depresión del ahuellamiento, midiendo así la profundidad, esta acción se la realiza en toda la deformación obteniendo así la media de estos.

Falla 16: Grietas de desplazamiento

Es un desplazamiento constante y paralelo al tráfico en una superficie determinada del pavimento asfáltico originada por cargas de tráfico. Cuando el tráfico es frecuente en la carpeta asfáltica se producen ondas pequeñas. Esta falla generalmente se manifiesta en mezclas variables de pavimentos de asfalto. De igual forma, se presentan en pavimentos

asfálticos construidos encima una losa de concreto hidráulico, pues esta incrementa la longitud y empuja al asfalto causando empellones. (Vásquez, 2002, p.39)

Severidad

BAJO (L): Las grietas de desplazamiento generan calidad de tránsito, lo cual es de baja severidad

MEDIO (L): Las grietas de desplazamiento generan calidad de tránsito, lo cual es de severidad media

ALTO (H): Las grietas de desplazamiento generan tránsito alta severidad

Medición

Las grietas de desplazamientos se deben medir en metros cuadrados.

Falla 17: Grietas parabólicas

Estas anomalías se producen mayormente cuando las ruedas frenan y giran, generando deformaciones en la superficie asfáltica. Así mismo tienen la forma de media luna.

Cabe añadir que la limitada resistencia de la mezcla asfáltica o una pobre adherencia a la carpeta también pueden originar esta anomalía. (Vásquez, 2002, p.41)

Severidad

BAJO (L): Se considera bajo cuando el ancho tiende a ser que 10.0 mm.

MEDIO (M): Se considera severidad media cuando el ancho este en un rango de 10.0 mm y 38.0 mm.

ALTO (H): Se considera severidad media cuando el ancho de la fisura sea mayor que 38.0 mm

Medición

Las grietas parabólicas son medidas en metros cuadrados.

Falla 18: Hinchamiento

Esta anomalía es caracterizada por tener una deformación relativa hacia arriba de la carpeta asfáltica que pueden estar acompañadas de ligeras grietas y es causada usualmente por

hinchamiento del suelo o escarchamiento de la subrasante. Además, se puede tener en cuenta una onda gradual mayor a los 3 metros. (Vásquez, 2002, p.43)

Severidad

BAJO (L): Esta anomalía genera calidad de tránsito, lo cual es de baja severidad. El hinchamiento de severidad baja es difícilmente reconocible; sin embargo, se puede identificar manejando a un límite de velocidad donde se producirá un movimiento hacia arriba

MEDIO (M): Esta anomalía genera tránsito de baja severidad

ALTO (H): Esta anomalía genera tránsito de alta severidad.

Medición

Esta anomalía se debe medir en metros cuadrados área afectada.

Falla 19: Desprendimiento de agregados

El desprendimiento del material de la superficie se debe a la pérdida de consistencia del asfalto y la frecuencia de desalojo de los elementos de agregados. Este tipo de fallas también nos indica que la consistencia del asfalto tiene una resistencia considerable o una carencia de calidad de mezcla. La suavización de la superficie y la pérdida de los elementos son comúnmente debido al declive de combustible, de igual forma también deben ser incluidas aquí. (Vásquez, 2002, p.44)

Severidad

BAJO (L): Comienzan a perder los agregados del pavimento, lo cual pueden causar huecos con una separación mayor a 0.15 m

MEDIO (M): la separación entre los agregados desprendidos está entre 0.05m a 0.15m.

ALTO (H): Los desprendimientos tienen separaciones menores a 0.05 m, así teniendo el área muy rugosa.

Medición

Los desprendimientos de agregados se miden en metros cuadrados el área afectada.

Método de Índice de Condición del Pavimento

El índice de condición del pavimento es un índice la cual varía desde 0, que determina un pavimento en mal estado, hasta 100, para un pavimento en buen estado. Esta metodología se fundamenta con la evaluación visual de las fallas la cual se establecen según su clase, severidad y cantidad. (Vásquez, 2002, p.2).

La finalidad del PCI es identificar un índice integridad estructural y la condición operacional del pavimento, para tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitaciones. Los datos obtenidos en campo de las anomalías proporcionan una visión del origen de las fallas ya que son relativos a la carga y clima (UMSSP 2004 p.380)

Asimismo, el método de PCI se caracteriza básicamente por la facilidad en la evaluación ya que no se necesitan equipos sofisticados; además, suministra información confiable sobre las anomalías del pavimento que no es muy compleja, porque es un método detallado en el cual se pueden obtener los metrados de las anomalías. (Gutiérrez, 1994)

Este método fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1978 desarrollado por M. Y. Shahim y S.D. Khon. Esta metodología es la más completa para realizar una evaluación en el pavimento ya sea rígido o flexible, pues no es necesario recurrir a herramientas especializadas, nos permite establecer la condición actual de la superficie para tomar medidas correctas de mantenimiento o rehabilitación. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM lo adopto como un método para la inspección de la condición actual en caminos y estacionamientos (ASTM D6433).

Para la determinación del índice de condición del pavimento primero se realizan inspecciones visuales, teniendo en cuenta las 19 fallas establecidas por el ASTM. En suma, se determina un valor de ponderación llamado valor deducido (VD), lo cual indica el grado de afectación de cada combinación deterioro, severidad y cantidad.

En el Perú se aplicó en el año 1990 para identificar los puntos críticos de la Panamericana Sur realizado por el ingeniero Gutiérrez Lazares, se obtuvo resultados cercanos a la realidad. Este método tiene un índice numérico que varía de 0 a 100 como se puede visualizar.

Tabla 2: Clasificación del estado del pavimento flexible

PCI		CLASIFICACIÓN
100		Excelente
85		Muy Bueno
70		Bueno
55		Regular
40		Mala
25		Muy Mala
10		Fallado
0		

Fuente: ASTM D6433

Para determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de una superficie de pavimento, se divide la sección en unidades de análisis, denominados Unidades de Muestra. Para pavimento asfálticos el área de muestreo debe estar entre 230 ± 93 m². Es recomendable realizar la evaluación en todas las unidades; sin embargo, utilizaremos la siguiente fórmula para evaluar un mínimo de unidades de muestreo que tiene un 95% de confiabilidad.

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

Figura 2: Calculo de número de unidades de muestreo

Fuente: ASTM D6433

Donde:

n : Es el número de unidades de muestreo (UM)

N: Es el total de unidades de muestra en este caso son 14

e : Es el error estimado por el PCI cuyo valor para el pavimento asfáltico es de +- 5%

σ : Es la desviación estándar establecido por el PCI, cuyo valor para el pavimentos asfáltico es de 10

Para la selección de unidades de muestreo de análisis utilizaremos un intervalo (i) que es la división del número total de unidades de muestreo entre el número mínimo de unidades de

muestreo. Luego de realizar la identificación de las anomalías observadas en el pavimento, calculamos los valores deducidos con la utilización de los ábacos establecidos en la norma. Así mismo utilizaremos la siguiente fórmula para obtener el número máximo admisible de Valores deducidos.

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

Figura 3: Calculo de número máximo de valores deducidos

Fuente: ASTM D6433

Donde:

m_i : Es el número máximo admisible de valores deducidos

HDV_i : Es el número mayor valor deducido

Por consiguiente, determinaremos el valor máximo deducido corregido mediante un proceso iterativo y finalmente se utilizará el ábaco de valor deducido corregido para obtener el mayor valor. Para determinar el índice de condición de pavimento emplearemos la siguiente formula.

$$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$$

Figura 4: Calculo índice de condición del pavimento

Fuente: ASTM D6433

Donde:

PCI: Es el índice de condición del pavimento

Máx. CDV: Es el máximo valor deducido corregido.

Cabe añadir que al obtener el cálculo de PCI ubicaremos en el rango de clasificación de condición del pavimento obteniendo un resultado de bueno o malo ya sea la evaluación.

Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación del índice de condición de pavimento determina la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019?

Justificación de la Investigación

Uno de los problemas que afecta al distrito de Comas son las anomalías que existen en las calles pavimentadas. Como se puede visualizar la mayoría de las vías son de pavimento flexible, lo cual es necesario realizar un constante mantenimiento que consecuentemente genera un gasto adicional a las municipalidades; asimismo, las personas son las más afectadas, puesto que tienden a sufrir accidentes que podrían llegar hasta costarle la vida. Por ello es necesario la supervisión o un seguimiento constante de la condición del pavimento.

Existen diferentes tipos de evaluación en la cual determinan la condición del pavimento. En esta presente investigación se eligió la Av. Lima del distrito de Comas, pues existen diversas anomalías y saneamiento en ejecución. Por ello se conocerá esencialmente el método del Índice de condición del pavimento (PCI), lo cual tiene el propósito de conocer el estado situacional actual de pavimento flexible obteniendo las distintas anomalías para así tomar decisiones adecuadas, como también evitar una reconstrucción nueva del pavimento.

Formulación de objetivos

Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para la evaluación superficial del pavimento flexible Av. Lima, Comas, 2019.

Objetivos específicos

Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para la identificación de los tipos de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019

Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para determinar los niveles de severidad de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019

Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para determinar de la condición del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019

Hipótesis

La aplicación del índice de condición de pavimento determina de manera eficaz la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. San Bernardo, Los Olivos, 2019.

II. MÉTODO

2.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

2.1.1 tipo de investigación de acuerdo al fin.

Aplicada:

Para Murillo (2008), la investigación aplicada también es llamada “investigación práctica o empírica”, pues se aplica o utiliza conocimientos adquiridos, lo cual en este trabajo de investigación se usó el método de índice de condición del pavimento ya que da como resultados de forma organizada, rigurosa y sistemática de conocer la realidad. Así mismo Hernández, Fernández y Baptista (2010) lo mencionan como investigación básica, porque esta se basa en aportes teóricos y descubrimientos que por consiguiente dan buenos resultados.

2.1.2 Tipo de Investigación de acuerdo al nivel

Investigación Descriptiva:

Jiménez (1998) menciona que “La investigación descriptiva está siempre en la base de la explicativa. No puede formularse una hipótesis causal si no se ha descrito profundamente el problema.” (p.13) podemos concluir que la investigación descriptiva recoge información del problema de estudio, además Hernández (2010 p.80) señala que la investigación descriptiva busca especificar características, propiedades, procesos o cualquier otro fenómeno que será analizado.

2.1.3 Tipo de Investigación de acuerdo al diseño metodológico

Investigación No experimental

La investigación no experimental es también denominada como Ex Post Facto. De acuerdo con Kerlinger (2002) nos indica que es la búsqueda experimental y sistemática, lo cual el investigador no posee directamente el control de las variables independientes, puesto a que sus manifestaciones ya han ocurrido y que son inherentemente no manipulables. Cabe añadir que esta investigación fue estudiada y analizada tal como se muestra en el contexto natural, sin recurrir a ensayos de laboratorio.

De igual forma es de corte transversal, puesto que esta investigación se realizó en una fecha establecida. Según Hernández (2010), hace referencia que la investigación se recolectan datos en un momento determinado para describir las variables y luego ser analizadas.

2.1.4 Tipo de Investigación de acuerdo al enfoque:

De acuerdo al enfoque de investigación es de tipo mixto puesto que abarca los dos tipos: cualitativo y cuantitativo. En primer lugar, es de tipo cualitativo porque al obtener el cálculo del PCI los resultados fueron calificados como fallado, muy pobre, pobre, regular, bueno, muy bueno y excelente. En segundo lugar, también es cuantitativa puesto que el resultado obtenido del PCI en el análisis del pavimento estuvieron en un rango de 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100.

2.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población

La población que se utilizó en esta investigación es el pavimento flexible la avenida Lima del distrito de Comas ubicado entre las avenidas Madreselvas y la avenida Pimentel, lo cual tiene una longitud de 574 m y un ancho de 6 m.

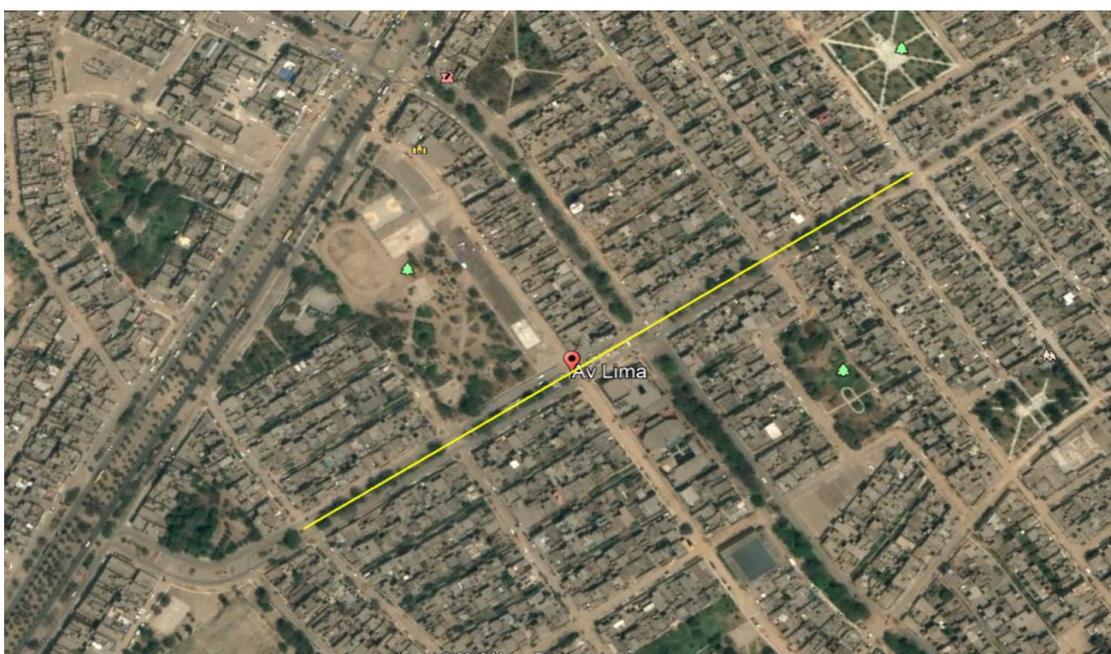


Figura 5: Ubicación de lugar de estudio

Fuente: Elaboración propia

Muestra

Es necesario dividir en unidades de muestra según los parámetros del método del índice de condición de pavimento, por ello se deben cumplir que el área de cada unidad de muestra debe estar en el rango de 230 ± 93 m² para un pavimento flexible.

Teniendo en cuenta lo anterior se calculó una longitud de 41 m para cada unidad de muestra con un ancho de 6 m, obteniendo un área de 240 m², así dividimos la longitud total de la avenida entre la longitud de la unidad de muestra, finalmente se concluye que tendremos 14 unidades de muestra a evaluar.

Para esta investigación se determinó el número mínimo de unidades de muestra a evaluar (n), para obtener un nivel de confianza de 95% del índice de condición del pavimento, se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{14 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (14 - 1) + 10^2} \approx 7$$

Figura 6: Número de unidades de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

El muestreo de la presente investigación fue probabilístico, ya que se utilizó la formula anterior establecida en la norma ASTM D6433

Asimismo, hallamos el intervalo del muestro a realizar (i)

$$i = \frac{14}{7} \approx 2$$

Figura 7: Número de intervalos

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, los muestreos serán:

Tabla 3: Unidades de muestra a inspeccionar

UNIDADES DE MUESTREO													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Fuente: Elaboración propia

2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos de esta investigación se toma en cuenta las siguientes técnicas:

- **La observación:** utilizaremos la observación, puesto que es la parte principal para recoger los datos en este caso las fallas del pavimento flexible , para dar paso al análisis de las fallas logrando obtener la condición actual de la carpeta asfáltica.
- **Bibliografía:** Es necesario tener en cuenta la norma ASTM D6433, puesto que ahí se encuentran los pasos para la evaluación; asimismo, algunos textos donde nos ayudaron a conocer con detalle las fallas existentes en un pavimento asfáltico.

En el desarrollo de la investigación se inspecciono con un recorrido inicial para conocer con detalle y señalar las áreas a ser evaluadas. Luego se realizó una evaluación más detallada recopilando todas las fallas que existen en la av. Lima.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos se refieren a los medios que se emplea para almacenar la información o datos recolectados. El instrumento a utilizarse para las variables de esta investigación consiste en:

- **Hoja de registro:** Formato de evaluación bajo procedimientos del método del PCI, en donde se recolectan datos para evaluar el pavimento en estudio.

Validez

La validez garantiza que el instrumento mida verdaderamente lo que debe medir esto significa que se deban realizar las respectivas preguntas de acuerdo a los indicadores de la definición operacional, de una investigación. Carrasco (2015, p.336) menciona que la validez “es el grado en que la medida refleja con exactitud la característica o dimensión que se pretende medir”.

Para establecer la validez de contenido se empleó el criterio de juicios de expertos, en la siguiente tabla se encuentra la aprobación de los ingenieros.

Tabla 4: Calificación del instrumento de la validez POR juicio de expertos

N°	Expertos	Calificación
01	JOSE LUIS BENITES ZUÑIGA	aprobado
02	SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN	aprobado
03	JOSE ANTONIO YENGLER CHUQUIYAURI	aprobado

Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento es una manera de aseverar que cualquier tipo de instrumento al ser empleado y evaluado siempre se adquiera los mismos resultados. Según Carrasco (2015), define la confiabilidad como una característica de un instrumento de medición que al ser aplicado una o varias veces a la misma persona o grupo de personas, permitirá lograr obtener los mismos resultados estudiados. (p.339).

2.4 PROCEDIMIENTO

Para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible tendremos en cuenta los siguientes pasos:

- Inspeccionar el lugar realizando un recorrido visual, analizando la av. Lima
- Unidades de muestra: determina los tipos de fallas y los niveles de severidad y mide la densidad.
- Determinar el valor deducido
- Obtener los valores deducidos corregidos
- Determinar la condición del pavimento

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para esta investigación, el análisis de datos se desarrolló mediante el programa Microsoft Excel que se trabajó como hoja de cálculo, con el fin de desarrollar la evaluación del pavimento flexible, empleando gráficos, tablas, mostrando los resultados

La técnica de procesamiento para la obtención de los datos e indicadores según el Método PCI se realizó a través del siguiente proceso:

- En Campo: Se rellena el formato de recolección de datos en la zona de estudio según el Método PCI, mediante el siguiente proceso, primero se ubica las fallas a lo largo de tramo, luego, se clasifican según su tipo, severidad y cantidad, para finalmente obtener el total de las fallas presentes en cada unidad de muestra.
- En Gabinete: Para cada unidad de muestra, se determinó la condición del pavimento según el siguiente proceso que se mostrara en la investigación.

2.6 ASPECTO ÉTICO

El presente trabajo de investigación fue elaborado cumpliendo con las normas, resoluciones establecidas por la universidad. Asimismo, el trabajo se realizó tomando en cuenta la autoría, respeto y honradez de los diferentes autores en la ejecución del trabajo.

III. RESULTADOS

Aplicación del método del Índice de Condición del Pavimento.

Registro de fallas de campo.

Para el registro de las fallas del pavimento flexible se utilizó el instrumento de recolección de datos del manual de fallas de índice de condición del pavimento flexible, mediante la inspección visual de la av. Lima se pudo obtener varios tipos de fallas, además fue necesario la utilización de regla, flexómetro, cono de seguridad, etc. Puesto que el tránsito vehicular era muy recurrente.

En las 7 unidades de muestra se pudo identificar 9 fallas de pavimentos flexibles los cuales son: Piel de cocodrilo (1), agrietamiento en bloque (3), abultamiento y hundimientos (4), grietas de borde (7), grietas longitudinales y transversales (10), parches (11), baches (13), grietas parabólicas (17), desprendimiento de agregados (19). Así mismo se determinó el grado de severidad, cantidad y densidad.

Cálculo del PCI en unidad de muestra.

Utilizaremos como ejemplo la muestra UM02 para realizar el procedimiento del cálculo del método del índice de condición del pavimento del manual.

Unidad de muestra 02.

Se describe la hoja de inspección con las fallas encontradas dentro de la progresiva 0+041 al 0+ 082, correspondiente a la unidad de muestra 02.

Tabla 5: Hoja de registro de unidad de muestra 02

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Lima-Comas					SECCIÓN: 0+041 a 0+082Km					
FECHA 18/06/2019					UNIDAD DE MUESTREO : UM02					
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 7$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100	EXCELENTE		1		4		13		11	
71 - 85	MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
56 - 70	BUENO		6.9	M	6.3	M	1	L	1.21	L
41 - 55	REGULAR		3.36	L	5.46	L	1	M	7.13	M
26 - 40	POBRE						1	L	4.88	L
11 - 25	MUY POBRE								7.2	H
0 - 10	FALLADO									
TOTAL	BAJA (L)		3.36		5.46		2		6.09	
	MEDIA(M)		6.9		6.3		1		7.13	
	ALTA(H)								7.2	

Fuente: Elaboración Propia

Luego de identificar todas las fallas existentes, totalizamos teniendo en cuenta el nivel de severidad y tipo, por consiguiente, determinaremos la densidad dividiendo la cantidad total de cada falla entre el total de área de la unidad de muestra y lo expresaremos en porcentaje. Veamos un ejemplo con la falla 1 y severidad baja.

$$DENSIDAD = \frac{3.36 \text{ m}^2}{246\text{m}^2} = 1.4\%$$

Figura 8: Densidad de la falla

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Calculo de PCI unidad de muestra 02

CALCULO DEL PCI																
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD	Número de valores deducidos > 2(q)											
1	L	3.36	1.4%	12.5	Valor deducido más alto = 30.02 Número máximo de VD (m) = 7.42											
1	M	6.9	2.9%	3.3												
4	L	5.46	2.3%	8.2												
4	M	6.3	2.6%	20.02												
13	L	2	0.8%	17.2												
13	M	1	0.4%	10.1												
11	L	6.09	2.5%	5.2												
11	M	7.13	3.0%	18.6												
11	H	7.2	3.0%	30.02												
NRO		VALORES DEDUCIDOS									VDT	q	VDC			
1	30	20.02	18.6	17.2							12.50	10.1	8.2	116.64	7	58
2	30	20.02	18.6	17.2	12.50	10.1	2	110.44	6	56						
3	30	20.02	18.6	17.2	12.50	2	2	102.34	5	54						
4	30	20.02	18.6	17.2	2	2	2	91.84	4	52						
5	30	20.02	18.6	2	2	2	2	76.64	3	48						
6	30	20.02	2	2	2	2	2	60.04	2	44						
7	30	2	2	2	2	2	2	42.02	1	40						
									Max.VDC	58						
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI = 100 - Máx. VDC								
								PCI=	42							
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR								

Fuente: Elaboración Propia

Ahora bien, para determinar el valor deducido (VD) se utiliza la curva de valor deducido para asfalto que corresponde a la anomalía piel de cocodrilo de la ASTM D6433, que se encuentra en el anexo del presente proyecto de investigación. Ya teniendo el valor de la densidad ingresamos a la gráfica en el eje x, trazamos una paralela al eje y intersectando con la curva de severidad baja en este ejemplo, así mismo se proyecta la intersección al eje de las ordenadas para obtener el valor deducido (VD).

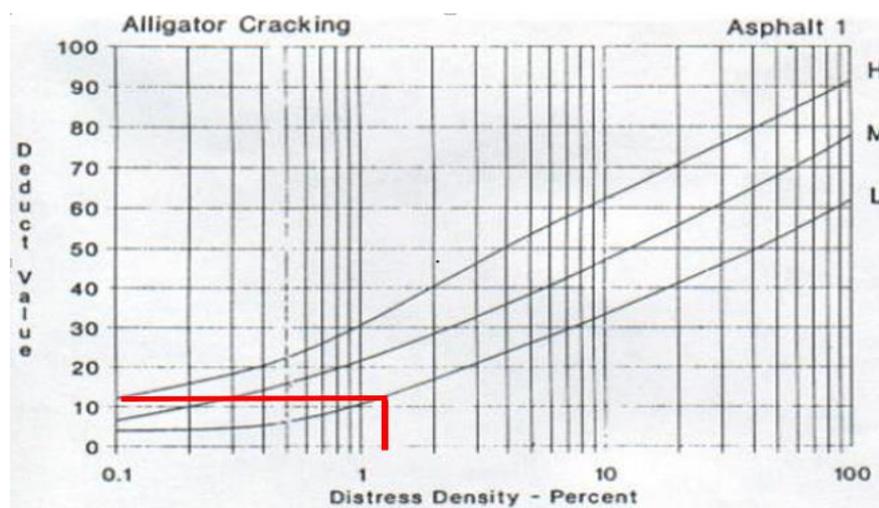


Figura 9: Resultado de VDC de la unidad de muestra 02

Fuente: "Manual PCI", por Vásquez, L., 2002, p. 3.

Luego de calcular los valores deducidos de cada anomalía, se determina el mayor valor deducido en este caso es 30.02, así utilizamos la siguiente formula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDVi)$$

Figura 10: Número máximo de valores deducidos

Fuente: Fuente: ASTM D6433

Teniendo como resultado un máximo de 7 valores deducidos se procede a calcular los valores deducidos corregidos; por ello, ordenamos de mayor a menor los valores deducidos luego reemplazamos el valor de 2 progresivamente en el último valor, para después sumarlos y obtener los valores deducidos totales (VDT), con estos valores y la constante (q) ingresamos al ábaco de la norma ASTM para calcular el valor deducido corregido.

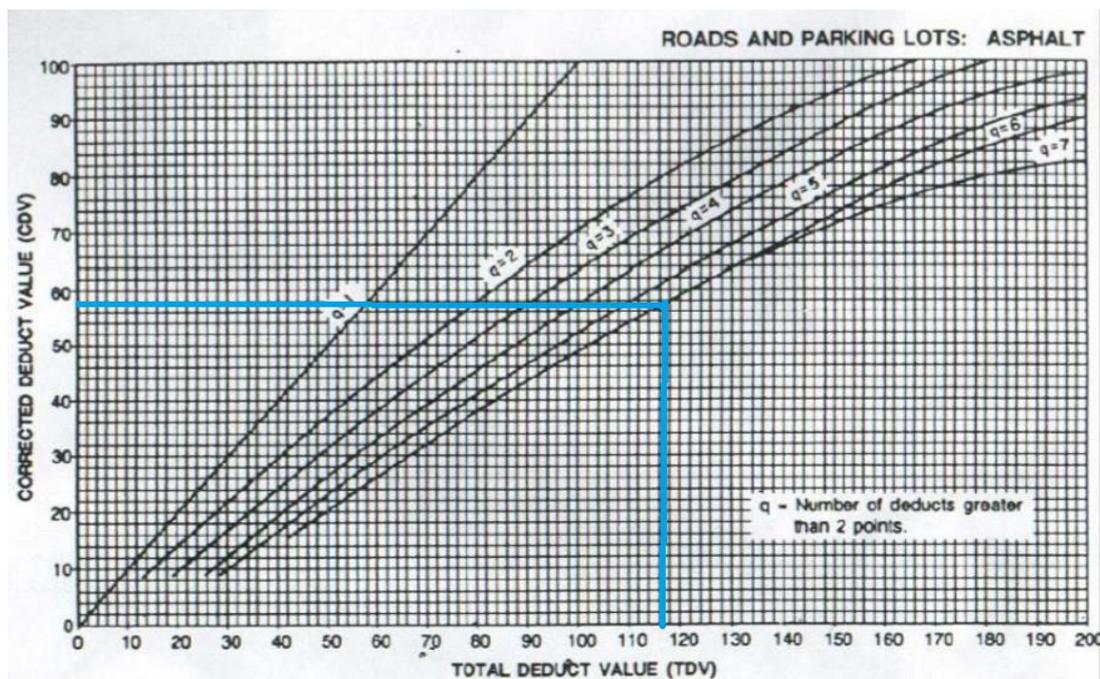


Figura 11: Valor corregido deducido de la UM02

Fuente: Fuente: ASTM D6433

Como podemos observar en el primer caso tenemos un valor deducido total de 116.64 con un q igual a 7 obteniendo como valor deducido corregido 58. Se realizará el mismo proceso

para el cálculo de los demás valores deducidos corregidos. Finalmente, elegimos el mayor valor y reemplazamos en la siguiente formula:

$$PCI = 100 - \max VDC$$

Figura 12: Formula para el cálculo del PCI

Fuente: Fuente: ASTM D6433

Al obtener el valor del PCI de la formula anterior procederemos a clasificarlo según el siguiente gráfico.

Tabla 7: Clasificación del PCI para la UM02

86 - 100	EXCELENTE	
71 - 85	MUY BUENO	
56 - 70	BUENO	
41 - 55	REGULAR	
26 - 40	POBRE	
11 - 25	MUY POBRE	
0 - 10	FALLADO	

Fuente: ASTM D6433

Como se puede visualizar en la unidad de muestra 2. Se obtuvo un PCI de 42 clasificándolo como un pavimento de condición regular para 240 m². De la misma manera realizaremos todos los cálculos para las demás unidades de muestra que son 7.

UM 02

Tabla 8: Hoja de registro de la UM02

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Lima-Comas					SECCIÓN: 0+041 a 0+082Km					
FECHA 18/06/2019					UNIDAD DE MUESTREO : UM02					
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 7$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100 EXCELENTE		1		4		13		11		
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	
56 - 70 BUENO		6.9	M	6.3	M	1	L	1.21	L	
41 - 55 REGULAR		3.36	L	5.46	L	1	M	7.13	M	
26 - 40 POBRE						1	L	4.88	L	
11 - 25 MUY POBRE								7.2	H	
0 - 10 FALLADO										
TOTAL	BAJA (L)	3.36		5.46		2		6.09		
	MEDIA(M)	6.9		6.3		1		7.13		
	ALTA(H)							7.2		
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 30.02 Número máximo de VD (m) = 7.42				
1	L	3.36	1.4%	12.5						
1	M	6.9	2.9%	3.3						
4	L	5.46	2.3%	8.2						
4	M	6.3	2.6%	20.02						
13	L	2	0.8%	17.2						
13	M	1	0.4%	10.1						
11	L	6.09	2.5%	5.2						
11	M	7.13	3.0%	18.6						
11	H	7.2	3.0%	30.02						
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	30	20.02	18.6	17.2	12.50	10.1	8.2	116.64	7	58
2	30	20.02	18.6	17.2	12.50	10.1	2	110.44	6	56
3	30	20.02	18.6	17.2	12.50	2	2	102.34	5	54
4	30	20.02	18.6	17.2	2	2	2	91.84	4	52
5	30	20.02	18.6	2	2	2	2	76.64	3	48
6	30	20.02	2	2	2	2	2	60.04	2	44
7	30	2	2	2	2	2	2	42.02	1	40
									Max.VDC	58
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI= 42		
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR		

Fuente: Elaboración propia

UM06

Tabla 10: Hoja de registro de la UM06

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Lima- Comas						SECCIÓN: 0+205 a 0+246Km					
FECHA 18/06/2019						UNIDAD DE MUESTREO : UM06					
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Bathes	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD						
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{s^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 7$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_1 = 1.00 + \frac{q}{98} (100 - HDV_1)$						
Medium	Media	M									
high	Alta	H									
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
86-100	EXCELENTE		4	13	11	10	17	18			
71-85	MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	
56-70	BUENO		15.45	M	1	L	3	M	6	M	
41-55	REGULAR		4.02	M	1	L	1.44	M		1.56	L
26-40	POBRE				2	M					
11-25	MUY POBRE										
0-10	FALLADO										
TOTAL	BAJA (L)		2				3		2.56		
	MEDIA(M)		19.47		2		4.44		6		
	ALTA(H)										
CALCULO DEL PCI											
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD	Número de valores deducidos > 2(q)						
4	M	19.47	8.1%	39.7	Valor deducido más alto = 39.7 Número máximo de VD (m) = 6.53						
10	M	6	2.5%	8.8							
11	M	4.44	1.9%	11.1							
13	L	2	0.8%	9.2							
13	M	2	0.8%	29.8							
17	L	3	1.3%	6							
18	L	2.56	1.1%	3							
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC	
1	39.7	29.8	11.1	9.2	8.80	6	104.6	6	50.1		
2	39.7	29.8	11.1	9.2	8.80	2	100.6	5	48		
3	39.7	29.8	11.1	9.2	2	2	93.8	4	51		
4	39.7	29.8	11.1	2	2	2	86.6	3	53		
5	39.7	29.8	2	2	2	2	77.5	2	54		
6	39.7	2	2	2	2	2	49.7	1	50.3		
								Max.VDC	54		
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI= 46			
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR			

Fuente: Elaboración propia

UM08

Tabla 11: Hoja de registro de la UM08

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI															
LUGAR: Av. Lima - Comas					SECCIÓN: 0+287 a 0+328Km										
FECHA 18/06/2019					UNIDAD DE MUESTREO : UM08										
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2										
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA								
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2										
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carri/Berma	m	15. Ahullamiento	m2										
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2										
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2										
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2										
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2										
7. Grieta de borde	m														
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD										
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{1}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 7$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_c = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_c)$										
Medium	Media	M													
high	Alta	H													
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES															
86-100 EXCELENTE		4								7		10		11	
71-85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.						
56-70 BUENO		1.87	L	5.1	M	6	L	1.5	L						
41-35 REGULAR		4.96	L	3.1	L	3.43	M	3.6	L						
26-40 POBRE						4.8	L	1.204	L						
11-25 MUY POBRE						3.61	L								
0-10 FALLADO						2.1	L								
TOTAL	BAJA (L)	6.83		3.1		16.51		6.304							
	MEDIA(M)			5.1		3.43									
	ALTA(H)														
CALCULO DEL PCI															
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 8.2 Número máximo de VD (m) = 9.44										
4	L	6.83	2.8%	8.2											
7	L	3.1	1.3%	2.3											
7	M	5.1	2.1%	7.5											
10	L	16.51	6.9%	5.5											
10	M	3.43	1.4%	3.4											
11	L	6.304	2.6%	6.2											
NRO	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC						
1	8.2	7.5	6.2	5.5	3.40	2.3	33.1	6	10.1						
2	8.2	7.5	6.2	5.5	3.40	2	32.8	5	12.2						
3	8.2	7.5	6.2	5.5	2	2	31.4	4	12.6						
4	8.2	7.5	6.2	2	2	2	27.9	3	10.6						
5	8.2	7.5	2	2	2	2	23.7	2	18.3						
6	8.2	2	2	2	2	2	18.2	1	21.2						
								Max.VDC	21.2						
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)							$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI= 78.8								
CONDICION DEL PAVIMENTO							MUY BUENO								

Fuente: Elaboración propia

UM10

Tabla 12: Hoja de registro de la UM10

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI														
LUGAR: Av. Lima - Comas						SECCIÓN: 0+369 a 0+410Km								
FECHA 18/06/2019						UNIDAD DE MUESTREO : UM10								
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2								
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA						
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2									
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2									
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2									
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2									
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2									
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2									
7. Grieta de borde	m													
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD								
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 7$		$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - NDV_i)$								
Medium	Media	M												
high	Alta	H												
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES														
86 - 100 EXCELENTE		13		11		17		3						
71 - 85 MUY BUENO		Cant.		Sev.		Cant.		Sev.						
56 - 70 BUENO		3 M		3.165 M		20 L		8.06 H						
41 - 55 REGULAR		1 M		1.179 M		8.4 L		7.77 L						
26 - 40 POBRE		1 H												
11 - 25 MUY POBRE														
0 - 10 FALLADO														
TOTAL		BAJA (L)				28.4		7.77						
		MEDIA(M)		4		4.344								
		ALTA(H)		1				8.06						
CALCULO DEL PCI														
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		valor deducido VD		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 41 Número máximo de VD (m) = 6.41				
3		L		7.77		3.2%		4						
3		H		8.06		3.4%		18						
11		M		4.344		1.8%		11.6						
13		M		4		1.7%		41						
13		H		1		0.4%		37						
17		L		28.4		11.8%		34						
NRO		VALORES DEDUCIDOS						VDT		q	VDC			
1		41		37		34		18		11.60	4	145.6	6	71
2		41		37		34		18		11.60	2	143.6	5	73.23
3		41		37		34		18		2	2	134	4	74
4		41		37		34		2		2	2	118	3	72
5		41		37		2		2		2	2	86	2	62
6		41		2		2		2		2	2	51	1	53
											Max.VDC	74		
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$ PCI= 26						
CONDICION DEL PAVIMENTO								POBRE						

Fuente: Elaboración propia

UM12

Tabla 13: Hoja de registro de la UM12

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI															
LUGAR: Av. Lima-Comas						SECCIÓN: 0+451 a 0+492Km									
FECHA 18/06/2019						UNIDAD DE MUESTREO : UM12									
REALIZADO POR: Ehlers Ventura Fernandez						AREA DE LA UNIDAD: 240 M2									
TIPOS DE FALLAS									DIAGRAMA						
1. Piel de cocodrillo m2			8. Grieta de reflexión de junta m			14. Cruce de Vía férrea m2									
2. Exudación m2			9. Desnivel Carril/Berma m			15. Ahullamiento m2									
3. Agrietamiento en bloque m2			10. Grietas Longitudinales y Transversales m2			16. Desplazamiento m2									
4. Abultamientos y hundimientos m2			11. Parches m2			17. Grietas parabólicas m2									
5. Corrugación m2			12. Pulimiento de agregados m2			18. Hinchamiento m2									
6. Depresión m2			13. Baches N*			19. Desprendimiento de agregados m2									
7. Grieta de borde m															
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA			INTERV. DE UNID. DE M.		NUMERO MAXIMO DE VD							
Low Baja L			$r = \frac{N \cdot x \cdot \sigma^2}{e^2 \cdot x(N-1) + \sigma^2}$			$i = \frac{N}{n} = 1$		$m_t = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - ND\%)$							
Medium Media M															
high Alta H															
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES															
86 - 100 EXCELENTE		10		13		-17		11		19					
73 - 85 MUY BUENO		Cant. Sev.		Cant. Sev.		Cant. Sev.		Cant. Sev.		Cant. Sev.					
56 - 70 BUENO		6 L		2 M		12 M		3.29 H		3.57 H					
41 - 55 REGULAR		6 L		2 M		1.6 H		0.72 H		10.54 H					
26 - 40 POBRE		6 L						7.68 M							
11 - 25 MUY POBRE															
0 - 10 FALLADO															
TOTAL		BAJA (L)		18											
		MEDIA(M)		4		12		7.68							
		ALTA(H)				1.6		4.01		14.1112					
CALCULO DEL PCI															
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		valor deducido VD		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 40 Número máximo de VD (m) = 6.51					
10		L		18		7.5%		5							
11		M		7.68		3.2%		18							
11		H		4.01		1.7%		25							
13		M		4		1.7%		40							
17		M		12		5.0%		32							
17		H		1.6		0.7%		16							
19		H		14.1112		5.9%		33							
NRO		VALORES DEDUCIDOS						VDT		q		VDC			
1		40		33		32		25		18.00		16	164	6	77
2		40		33		32		25		18.00		2	150	5	75
3		40		33		32		25		2		2	134	4	74
4		40		33		32		2		2		2	111	3	71
5		40		33		2		2		2		2	81	2	58
6		40		2		2		2		2		2	50	1	52
											Max.VDC		77		
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)									$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$						
									PCI= 23						
CONDICION DEL PAVIMENTO									MUY POBRE						

Fuente: Elaboración propia

UM14

Tabla 14: Hoja de registro de la UM14

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI												
LUGAR: Av. Lima -Comas					SECCIÓN: 0+533 a 0+574Km							
FECHA 18/06/2019					UNIDAD DE MUESTREO : UM14							
REALIZADO POR:Ehlers Ventura Fernandez					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA					
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2		2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2		4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2		6. Depresión	m2	13. Baches	N*	19. Desprendimiento de agregados	m2
7. Grieta de borde	m											
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERV. DE UNI DE M.		NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{1}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 7$		$i = \frac{N}{n} = 1$		$m_t = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_t)$					
Medium	Media	M										
high	Alta	H										
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES												
86 - 100 EXCELENTE		1		3		10		11		13		
71 - 85 MUY BUENO		Cant.		Cant.		Cant.		Cant.		Cant.		
56 - 70 BUENO		4.386		8.06		6		4.8		2		
41 - 55 REGULAR		M		M		M		M		M		
26 - 40 POBRE		2.385				2.1		1.21		1		
11 - 25 MUY POBRE						8		1.326				
0 - 10 FALLADO						2						
						6						
						6						
TOTAL		BAJA (L)				6						
		MEDIA(M)		6.771		8.06		18.1		7.336		
		ALTA(H)								2		
										1		
CALCULO DEL PCI												
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD	Número de valores deducidos > 2(q)							
1	M	6.771	2.8%	32	Valor deducido más alto = 37 Número máximo de VD (m) = 6.78							
3	M	8.06	3.4%	8								
10	L	6	2.5%	5								
10	M	18.1	7.5%	17								
11	M	7.336	3.1%	18								
13	M	2	0.8%	28								
13	H	1	0.4%	37								
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC		
1	37	32	28	18	17.00	8	140	6	70			
2	37	32	28	18	17.00	2	134	5	68			
3	37	32	28	18	2	2	119	4	69			
4	37	32	28	2	2	2	103	3	66			
5	37	32	2	2	2	2	77	2	58			
6	37	2	2	2	2	2	47	1	49			
								Max.VDC	70			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \frac{Máx. VDC}{PCI} = 30$				
CONDICION DEL PAVIMENTO								POBRE				

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, ya teniendo todos los resultados de cada unidad de muestra realizaremos un resumen de todas las fallas encontradas, además evaluaremos la condición del estado de cada unidad. En la siguiente grafica tenemos un resumen de todas las fallas encontradas los cuales son 9, en este presente trabajo las fallas más comunes son: parches, baches, grietas longitudinales y transversales.

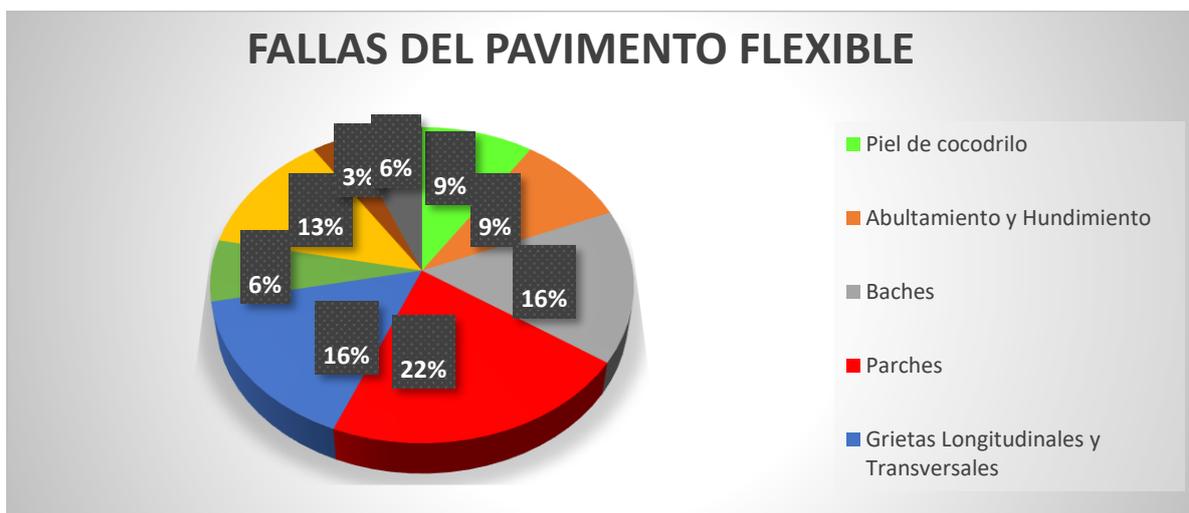


Figura 13: Fallas del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Además, podemos resumir las 7 unidades de muestra mediante la siguiente tabla, la cual nos muestra la condición actual del pavimento de la AV. Lima Comas.

Tabla 15: Resumen de la condición actual del pavimento

UNIDAD DE MUESTRA	TRAMO	AREA	PCI	ESTADO
UM2	0+041 a 0+082Km	240 M2	42	REGULAR
UM4	0+123 a 0+164Km	240 M2	55	REGULAR
UM6	0+205 a 0+246Km	240 M2	46	REGULAR
UM8	0+287 a 0+328Km	240 M2	78	MUY BUENO
UM10	0+369 a 0+410Km	240 M2	26	POBRE
UM12	0+451 a 0+492Km	240 M2	23	MUY POBRE
UM14	0+533 a 0+574Km	240 M2	30	POBRE

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, el 43% del pavimento asfáltico se encuentra en un estado regular, el 29% en un estado pobre, 14% muy pobre, 14% muy bueno tal como muestra el gráfico.

Tabla 16: Rango Clasificación del pavimento

86 - 100	EXCELENTE	
71 - 85	MUY BUENO	
56 - 70	BUENO	
41 - 55	REGULAR	
26 - 40	POBRE	
11 - 25	MUY POBRE	
0 - 10	FALLADO	

Fuente: ASTM D6433



Figura 14: Porcentaje de la condición del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Existen tramos en donde la condición del pavimento es muy buena, puesto que por el sector no hay muy tránsito de vehículo ni tampoco obras de saneamiento. Al obtener los resultados se deduce que el pavimento necesita un mantenimiento ya que tiende a que su tiempo de vida útil disminuya.

IV. DISCUSIÓN

Al obtener los resultados de la investigación se dio por conocer la aplicación del índice de condición del pavimento en la evaluación de la carpeta asfáltica, siendo beneficio en la toma de decisiones. En la presente investigación los resultados nos indican que el pavimento se encuentra en un estado regular, encontrándose 9 fallas en las cuales son muy recurrentes en los distritos de Lima. En el trabajo de investigación realizadas por los ingenieros Cristian Camilo y Andrés Rivas de la universidad de Colombia señalan que la herramienta del PCI es más compleja y difícil, debido a que las clasificaciones de anomalías son más complejos y detallados. En el momento de analizar y evaluar existe una cierta complejidad, puesto que hay una confusión en la hora de identificar las fallas del mismo modo demora tiempo realizar los cálculos para la determinación de la condición del pavimento, pero es la más completa para la obtención de resultados. Así concluyo estar en concordancia con la eficacia del índice de condición del pavimento realizadas por las investigaciones relacionadas al PCI.

Concluida el trabajo de investigación en el pavimento asfáltico podemos tener en cuenta que es necesario un mantenimiento en esta etapa ya que a posterior tendrá un mayor costo. A diferencia de otras metodologías de investigación el método de índice de condición del pavimento PCI tiene mayor confiabilidad respecto a las otras existentes.

V. CONCLUSIONES

- Se logró conocer el método del índice de condición del pavimento para la evaluación superficial del pavimento flexible detallando cada uno de los pasos establecidos en la norma PCI - ASTM 6433.
- Se logró identificar los tipos de fallas existentes en la Av. Lima, obteniendo 9 fallas entre las más comunes son: grietas longitudinales transversales, parches y los baches.
- Se logró conocer la severidad de las 9 fallas existentes teniendo en cuenta lo establecido por la norma, así mismo las fallas tuvieron mayormente severidad media.
- Finalmente, se logró determinar la condición del pavimento flexible, utilizando el índice de condición de pavimento en Av. Lima, Comas, 2019, teniendo como resultado el estado regular con representación de 43% en toda la vía.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar una evaluación constante del pavimento para poder saber el estado o condición así tomar medidas adecuadas, en esta evaluación es necesario un mantenimiento pronto y constante, ya que va implicar minimizar los costos, puesto que más adelante los costos del mantenimiento incrementaran y es posible que se realice una nueva construcción en la Av. Lima.

Además, la utilización de este método de evaluación es muy práctico, fácil y eficaz en toma de decisiones de las municipalidades; por ello, se le recomienda tener en cuenta a estas entidades tomar en cuenta la aplicación.

Para las próximas investigaciones es recomendable emplear o innovar métodos donde ayude a minimizar el tiempo de evaluación del estado del pavimento, puesto que la aplicación al momento de identificación de las fallas puede tomar demasiado tiempo, generalmente en tramos mayores a 1km, en esta investigación se tardó aproximadamente 4 horas para la evaluación de 574 metros contando con 2 personales de trabajo.

Finalmente se recomienda para las investigaciones siguiente tener en claro las 19 fallas, pues podría confundirse al momento de definir la severidad de la falla y esto generaría una mala evaluación superficial del pavimento flexible.

REFERENCIAS

ALVAREZ Delgado, Edwin. Determinación del Índice de Condición Del Pavimento Flexible en La Carretera Cajamarca - Otuzco, distrito de Baños Del Inca, Departamento de Cajamarca – 2016. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Privada Cesar Vallejo.2016. 97 pp.

American Society of Testing and Materials (ASTM), ASTM D6433, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA; 2017

BERNAOLA Chuquillanqui, Roberto. Evaluación y Determinación del Índice de Condición Del Pavimento Rígido en la Av. Huanc."Veuca. Distrito Chilca, Huancayo. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Centro del Peru.2014. 203pp.

CUBA Alvarez, Williams. Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método del PCI en un tramo de la Av. República de Polonia – Distrito de San Juan de Lurigancho. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Privada Cesar Vallejo.2017. 137 pp.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos “Guía de normativa y consideraciones aplicables a la construcción” Costa Rica 2016.

Civil Engineering Department. Pavement Surface Distress Evaluation Using PCI. Punjab Engineering College, Chandigarh. 2018, 3354pp

D6433–16 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. American Society of Testing and Materials (ASTM), USA, 2016.

Fareed M.A. Karim, Khaled Abdul Haleem Rubasi and Ali Abdo S. “The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen”. Technology and Management in Construction Organization. 2016 pp 1455.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5ta ed.). México: Mc Graw Hill.

HILQUÍN Brañez, Mariana. Evaluación Del Estado De Conservación del Pavimento, utilizando el Método PCI, en la Av. Jorge Chávez Del Distrito De Pocollay en el Año 2016. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Privada de Tacna. 2016. 213pp.

KAMIL Kaloush, Chair. Development of PCI-based Pavement Performance Model for Management of Road Infrastructure System (Master of Science).Arizona: STATE UNIVERSITY.2015, 80pp.

Manual completo de diseño de pavimentos. UMSS. 2004, 634 pp.

Manual de carreteras diseño geométrico DG. 2018 Perú, 285, pp.

Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2013 Perú, 355, pp.

MONTEJO, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

MORALES Olivares, Javier. Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo 2005. Tesis (Titulo Ingeniería Civil).Universidad de Piura, 2005. pp167.

Mubaraki M. “Identification of Pavement Distress Types and Pavement Condition Evaluation Based on Network Level Inspection for Jazan City Road Network”. TJER, 11(1). 2013.

REYES Aguilar, Delina. Evaluación superficial del pavimento flexible empleando el método del índice de condición del pavimento en la Av. Ferrocarril, Santa Anita, 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Privada Cesar Vallejo, 2018. 82 pp.

ROBLES Bustios, Raul. Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento (Pci) Barranco - Surco – Lima. Tesis (Grado de Ingeniero Civil).Universidad Ricardo Palma. 2015. 68pp

SHAH, Y.U; Jain, S.S. Parida M. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network. In Proceedings of 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Agra, India; 2013 pp. 341.

SHARMA, Umesh and Abhishek. “Performance Evaluation of a Road in Chandigarh using Pavement Condition Index (PCI) Method.” International Interdisciplinary Conference on Science Technology Engineering Management Pharmacy and Humanities, Singapore.2017.

SHAWN Mckenzie. Application of pavement condition index (PCI) assessment method for rural road maintenance in kuching-samarahan area (Master of Engineering Civil). Malasia: University Malaysia Sarawak, 2012. 140 pp.

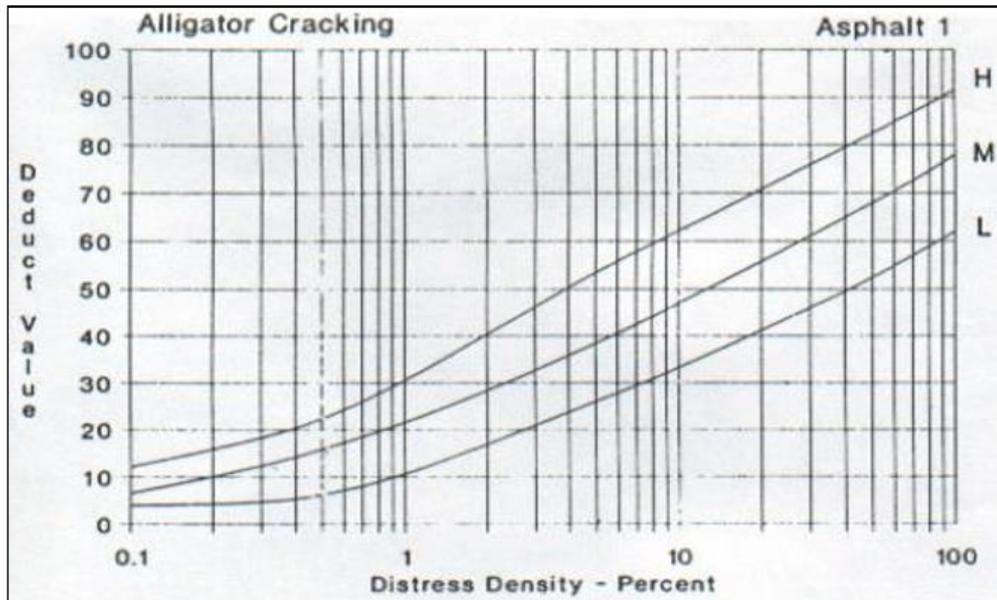
SIERRA Diaz, Cristian. Aplicación Y Comparación de las diferentes Metodologías de Diagnóstico Para La Conservación Y Mantenimiento Del Tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 De La Vía Al Llano (Dg 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) En La Upz Yomasa. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Católica De Colombia. 2016. 103pp.

TACZA Herrera, Erica. Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.2018.111pp.

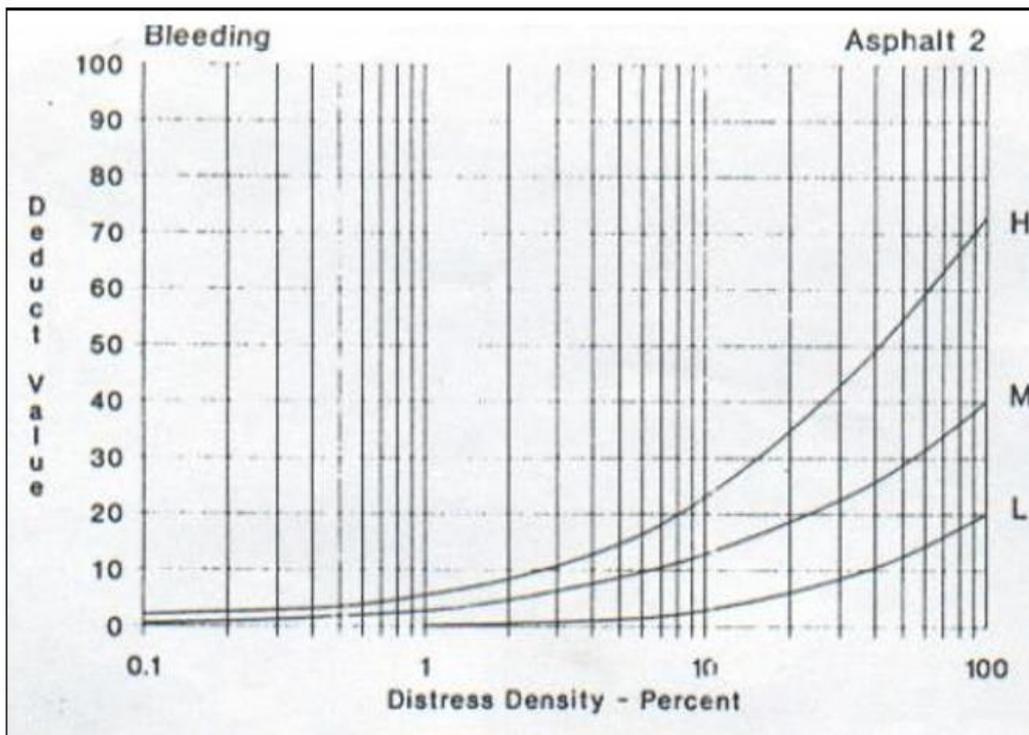
ZEVALLLOS Gamarra, Rafael. Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. Tesis (Magister en Ingeniería Civil).Universidad Privada Cesar Vallejo, 2017. 102 pp.

ANEXOS 01

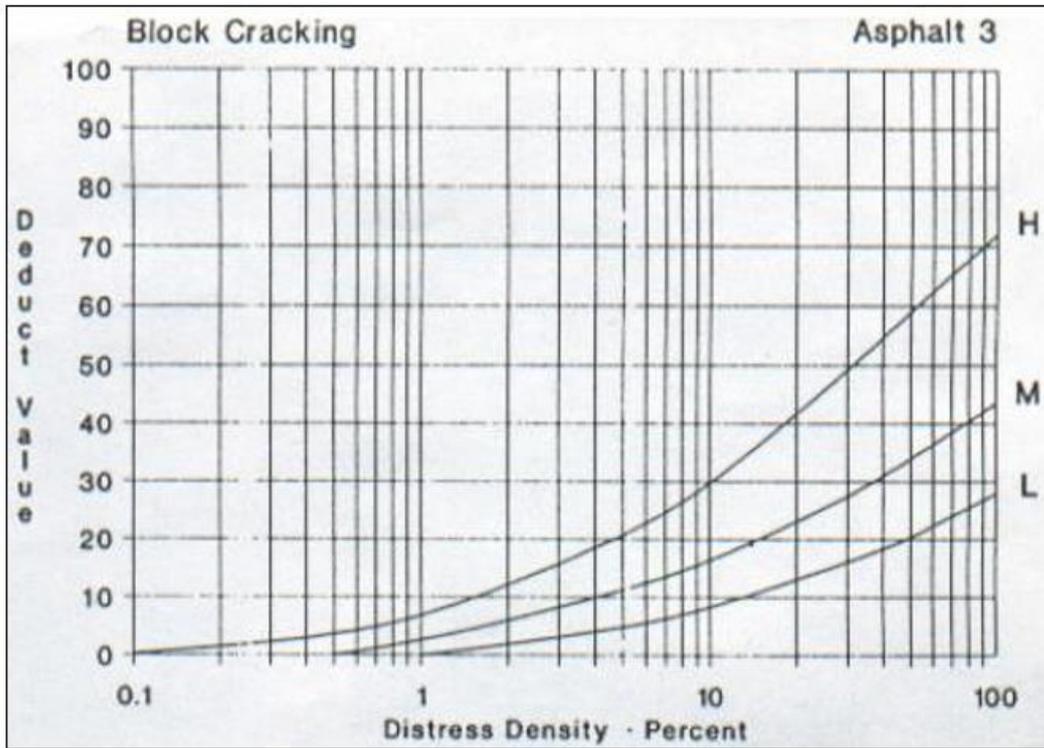
Ábacos para obtener el valor deducido de cada falla



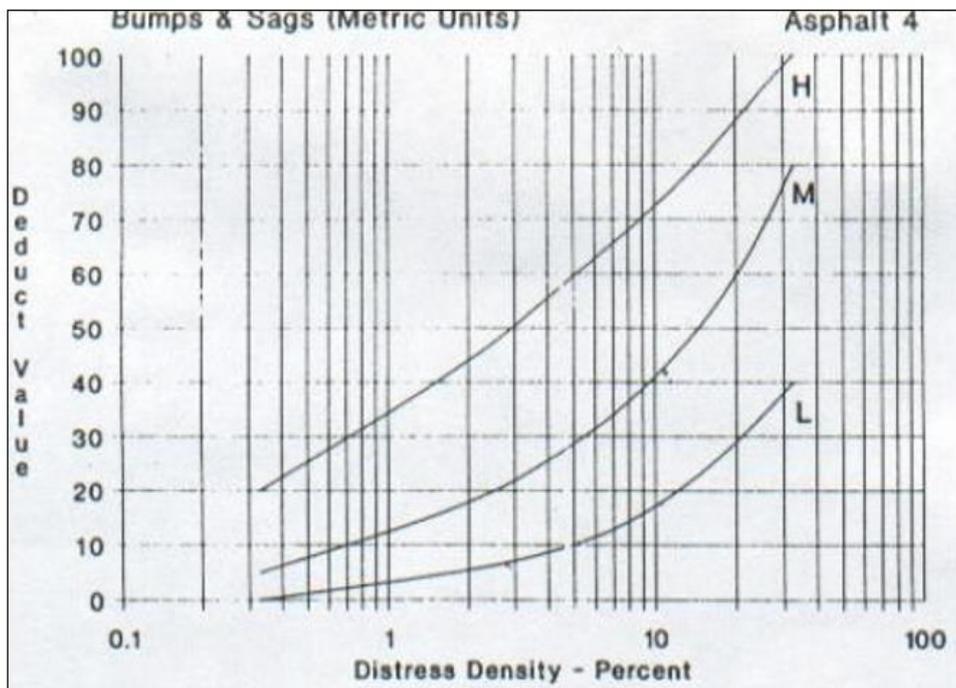
Piel de cocodrilo



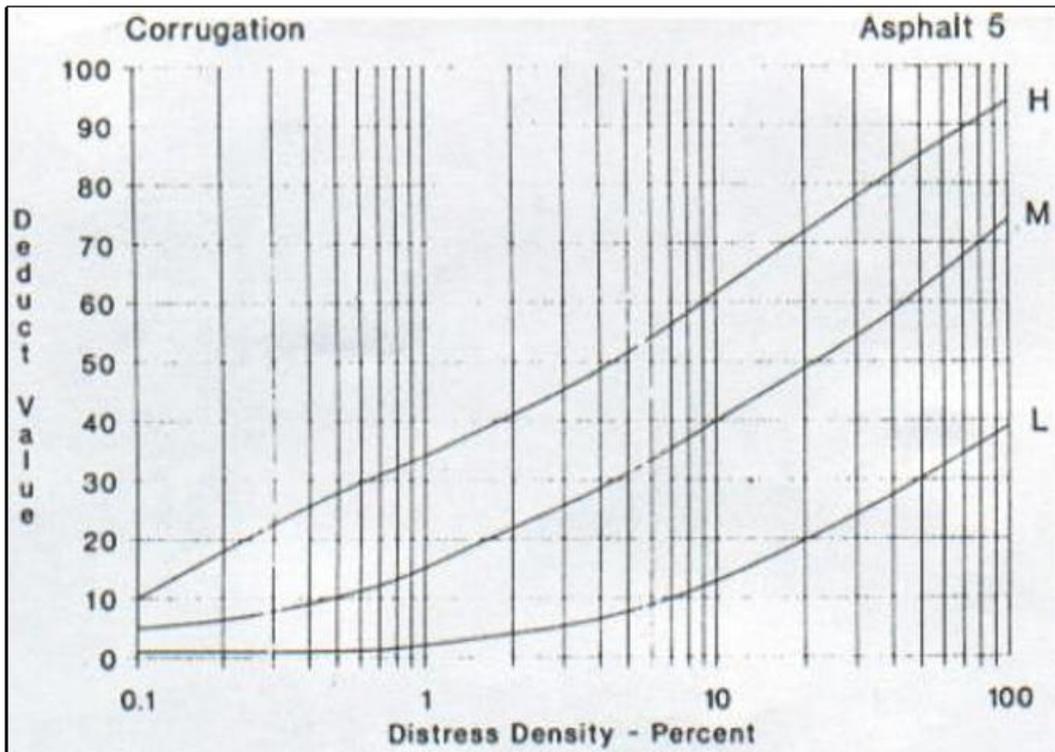
Exudación



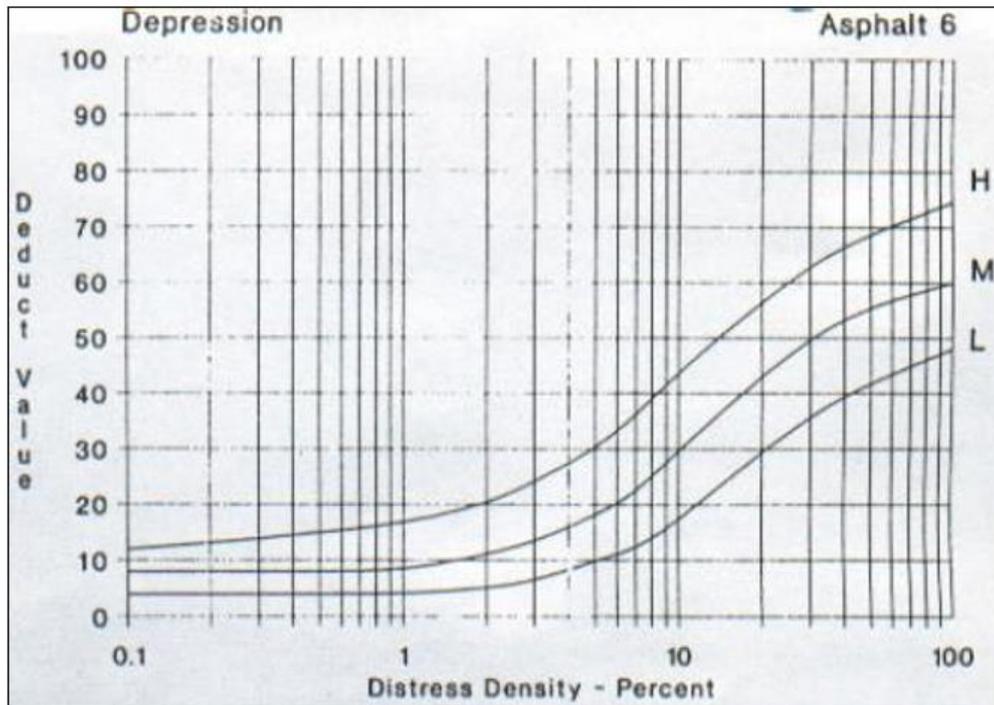
Agrietamiento en bloque



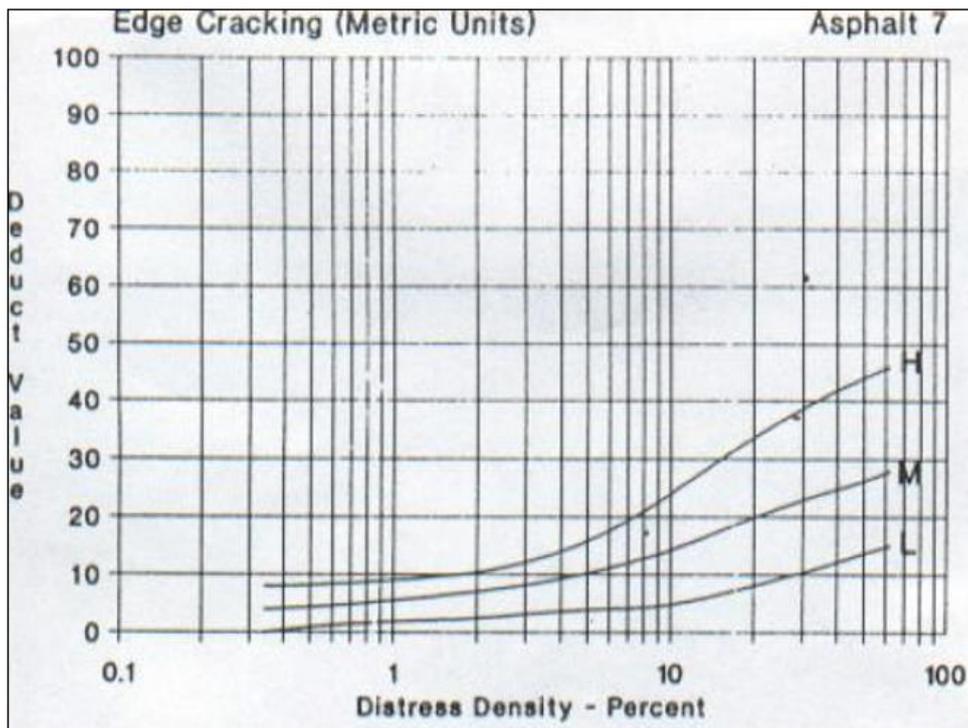
Abultamiento y hundimiento



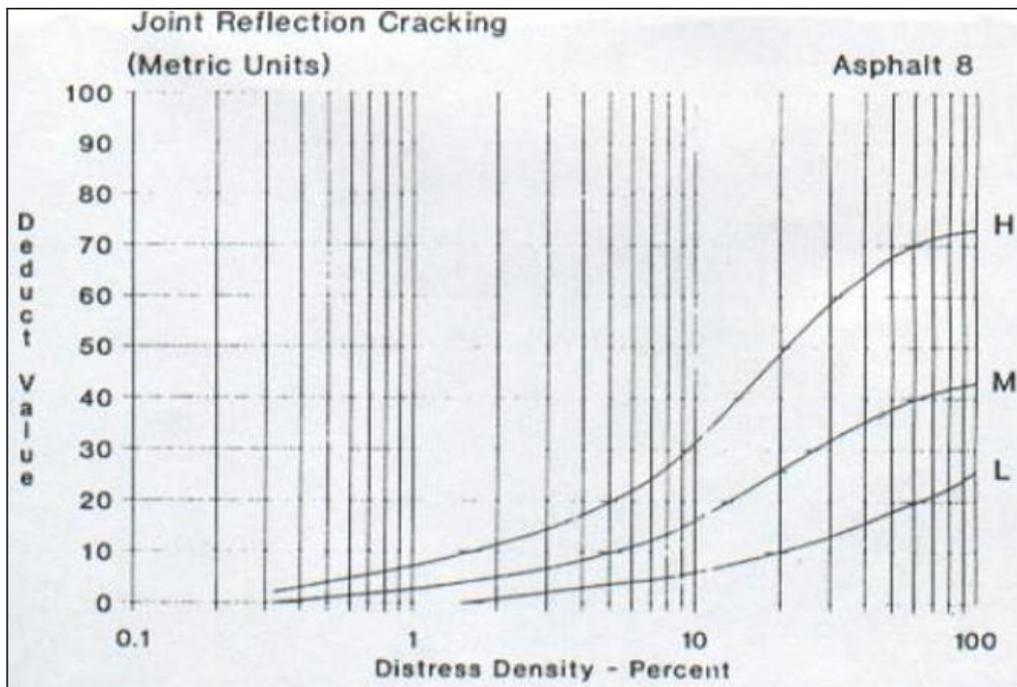
Corrugación



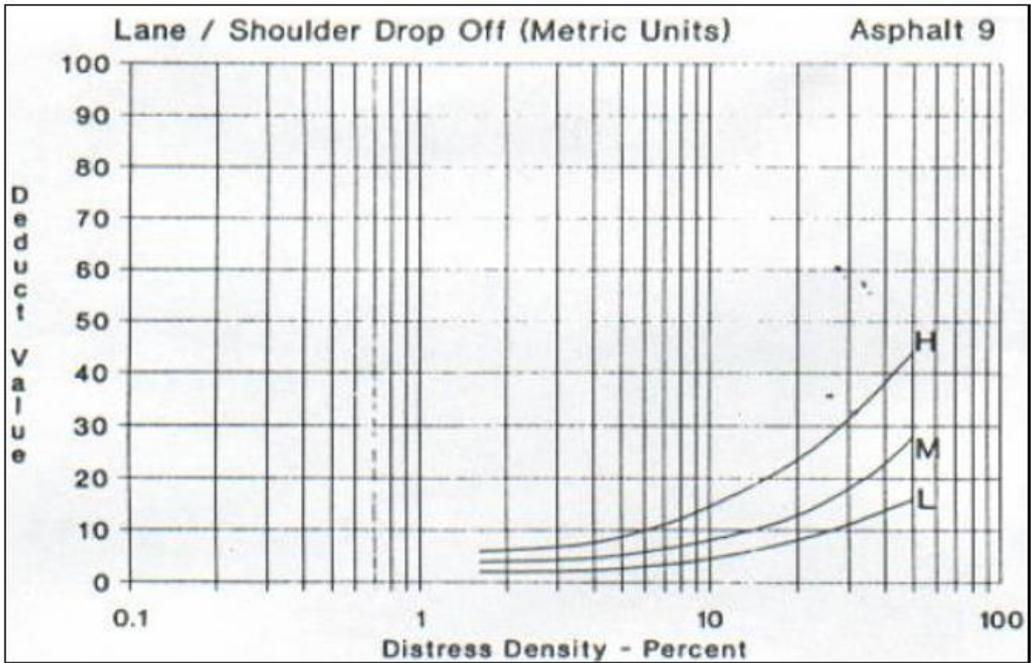
Depresión



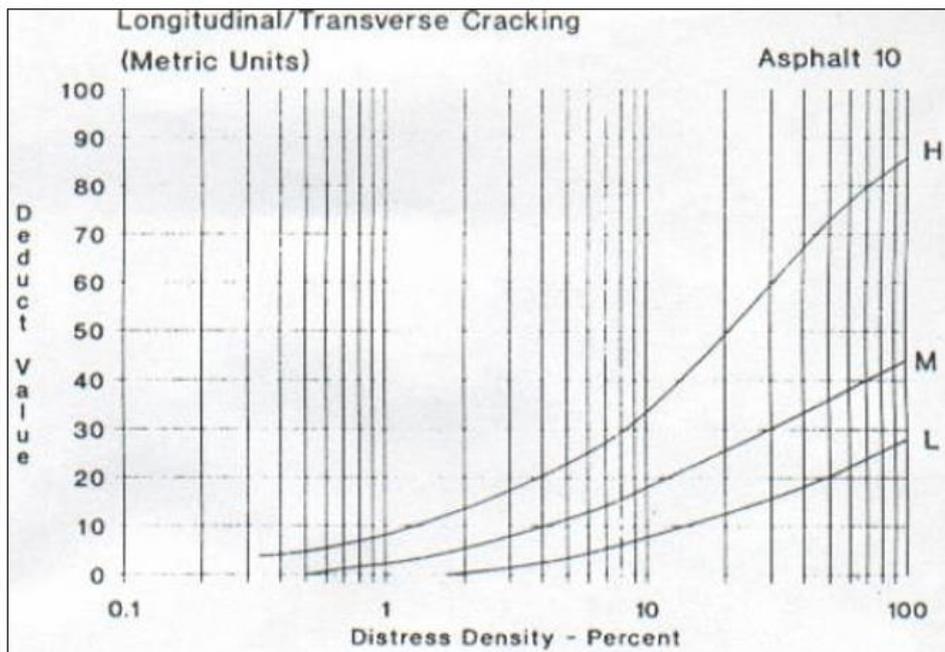
Grieta de borde



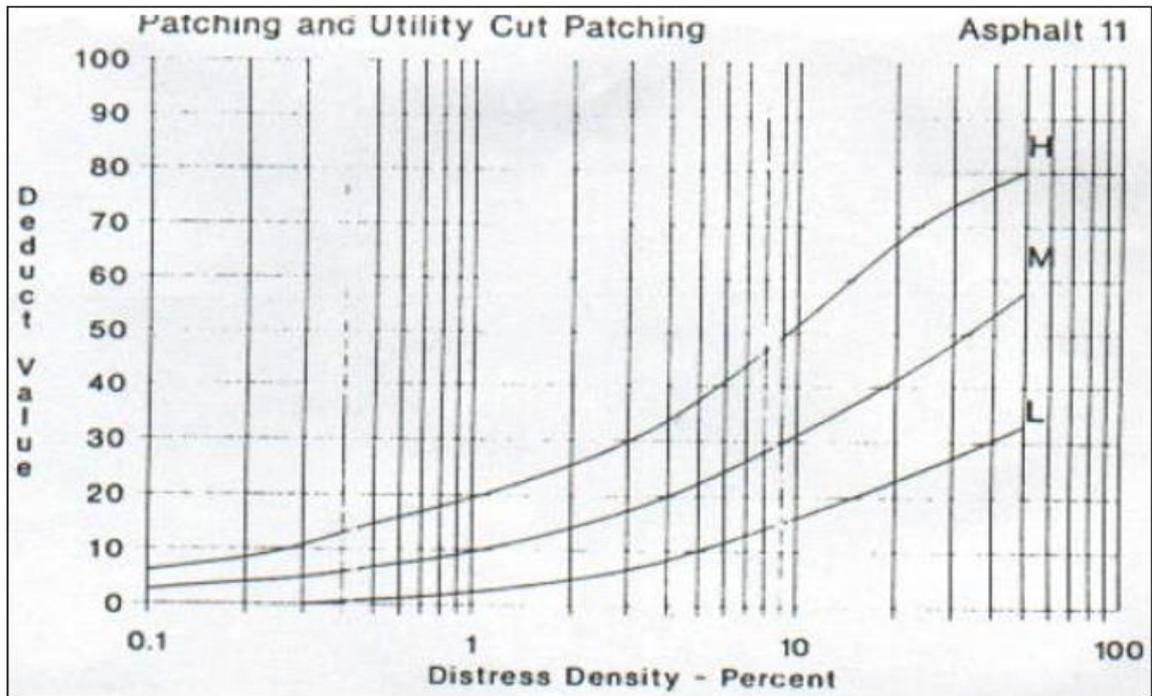
Grieta de reflexión de juntas



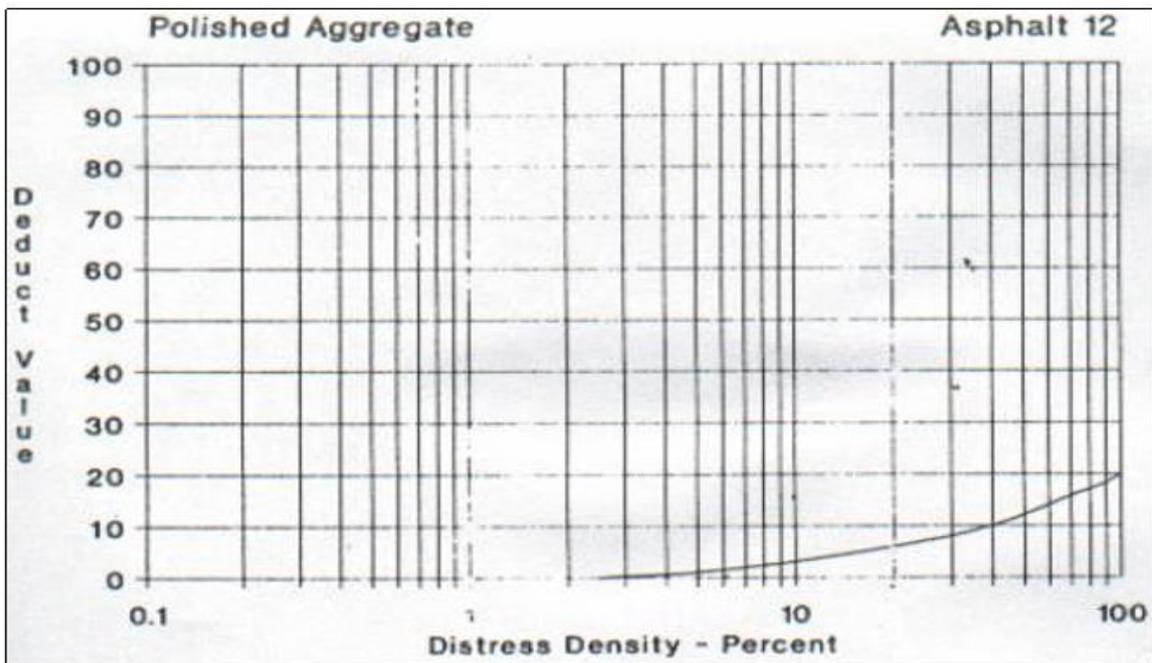
Desnivel carril – berma



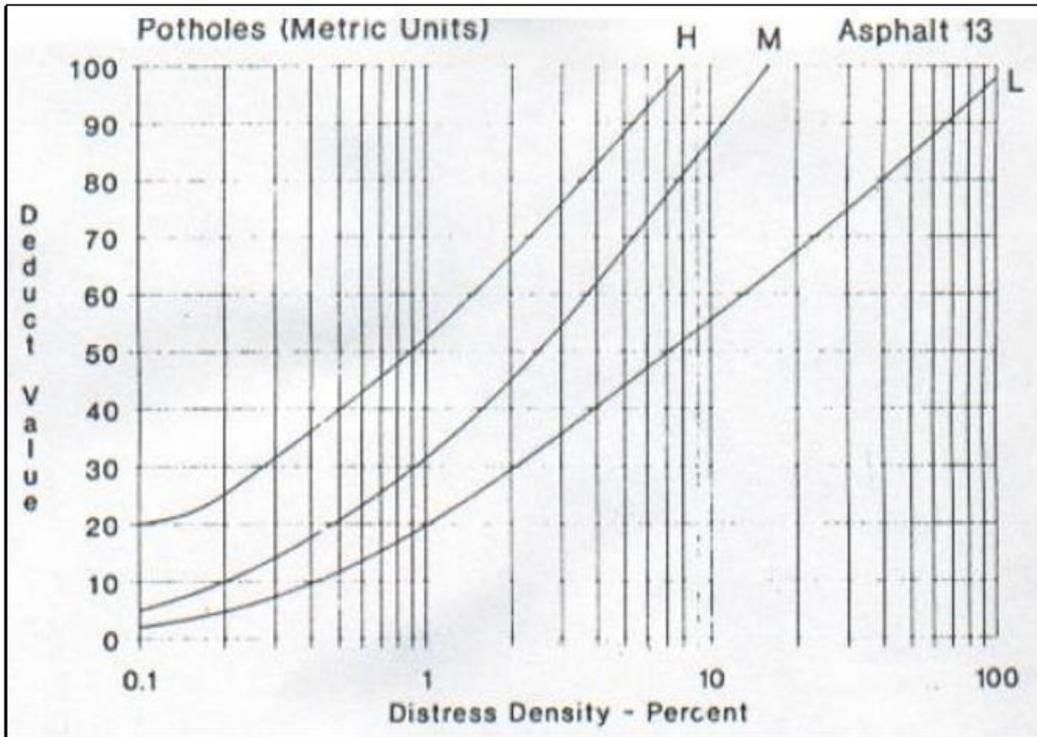
Grietas longitudinales y transversales



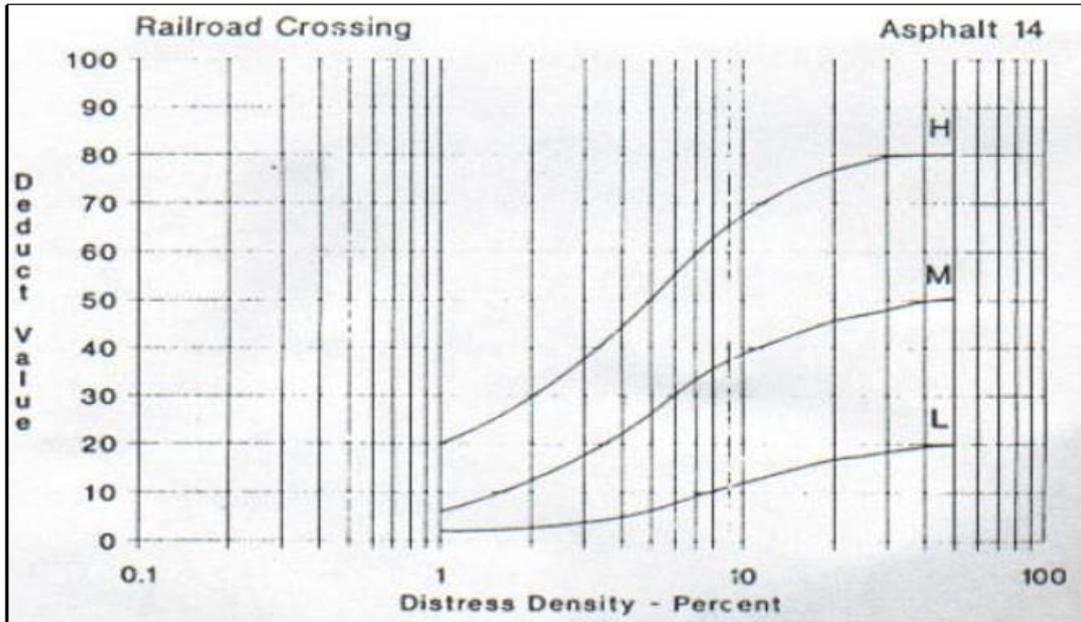
Parches



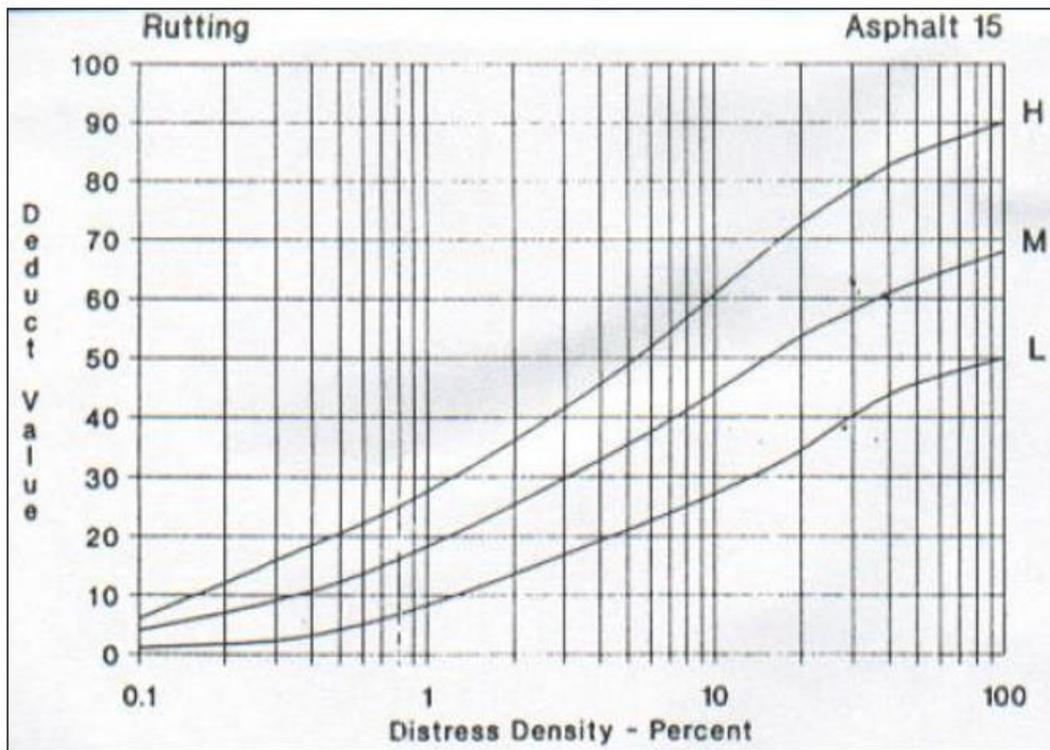
Pulimiento de agregados



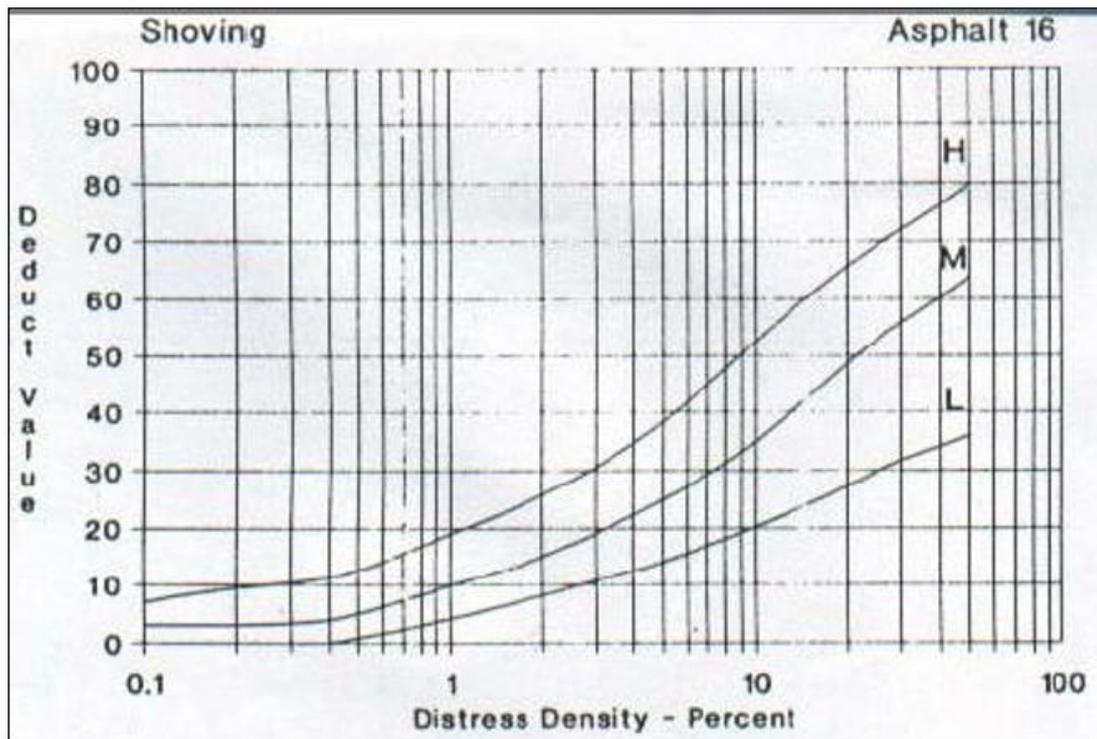
Baches



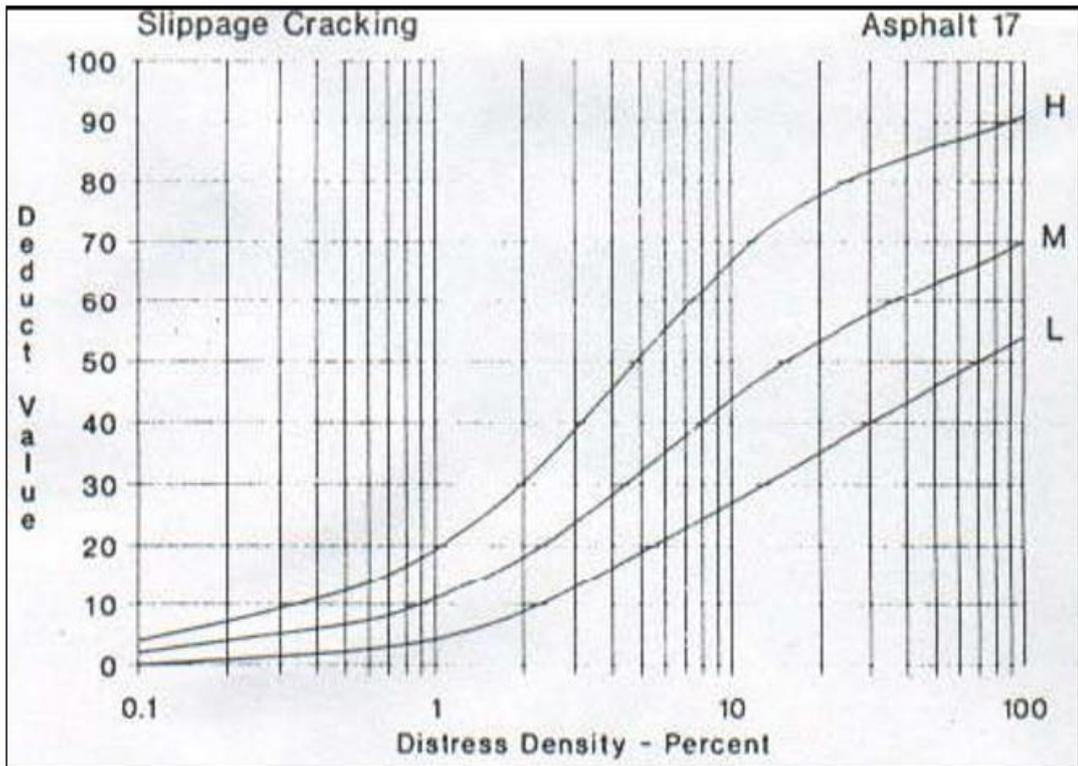
Cruce de vía Férrea



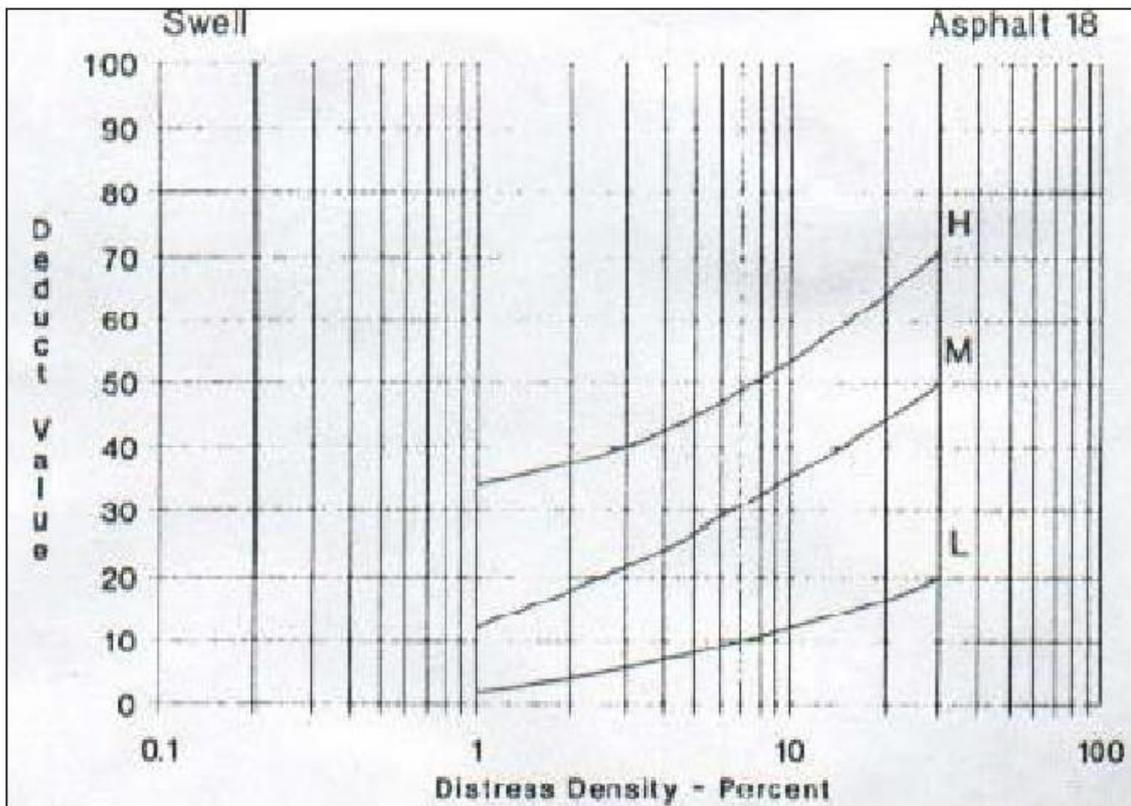
Ahullamiento



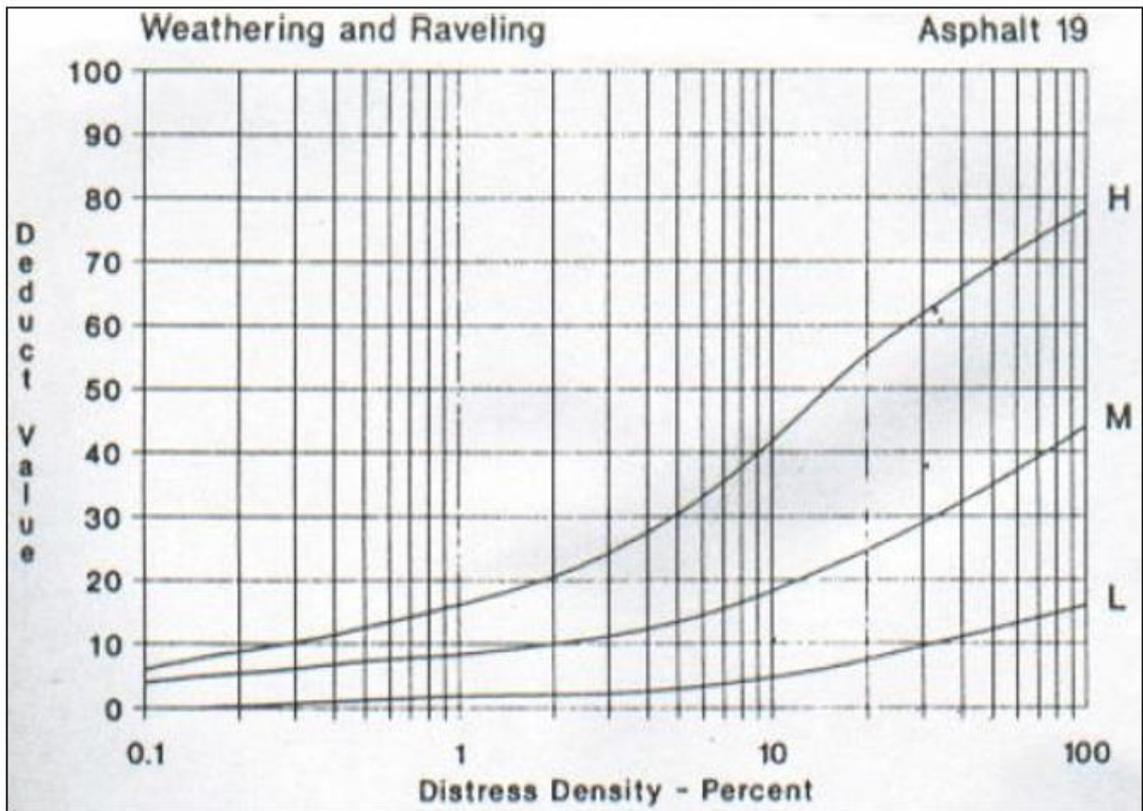
Desplazamiento



Grietas parabólicas

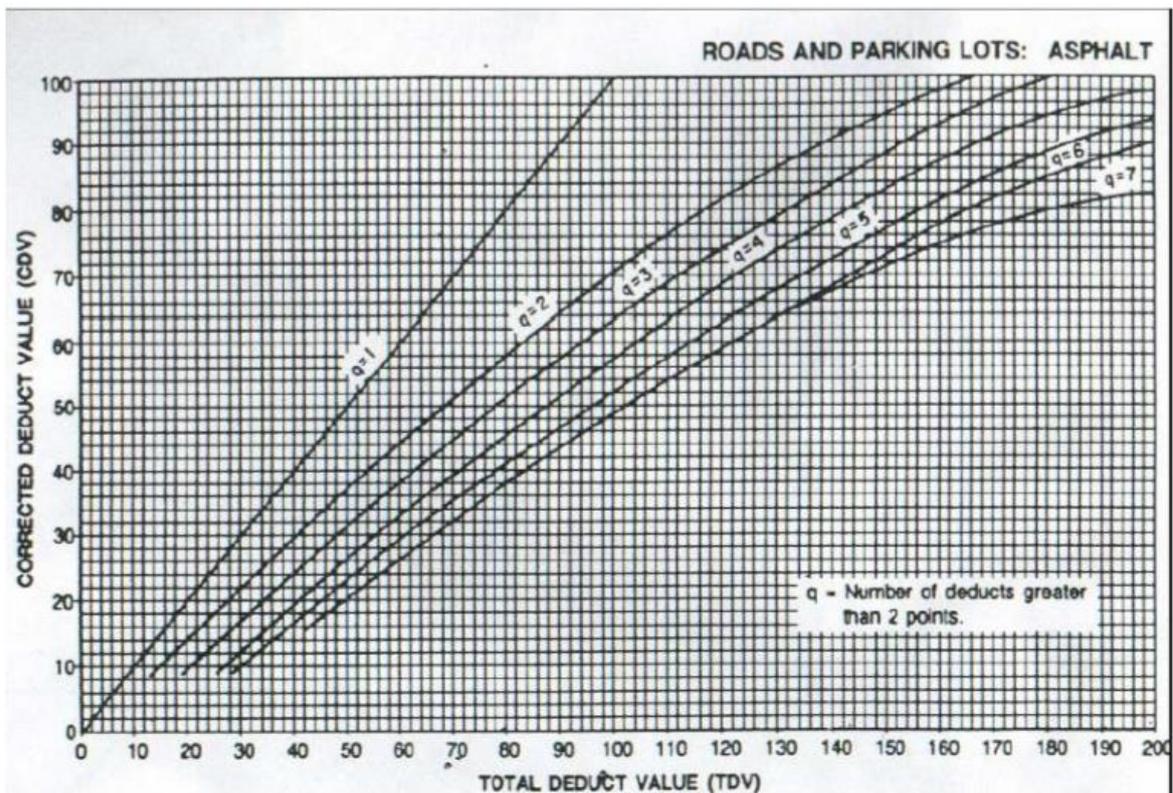


Hinchamiento



Desprendiendo de agregados

Anexo 02: Abaco de valor deducido corregido



Anexo 03: Panel Fotográfico



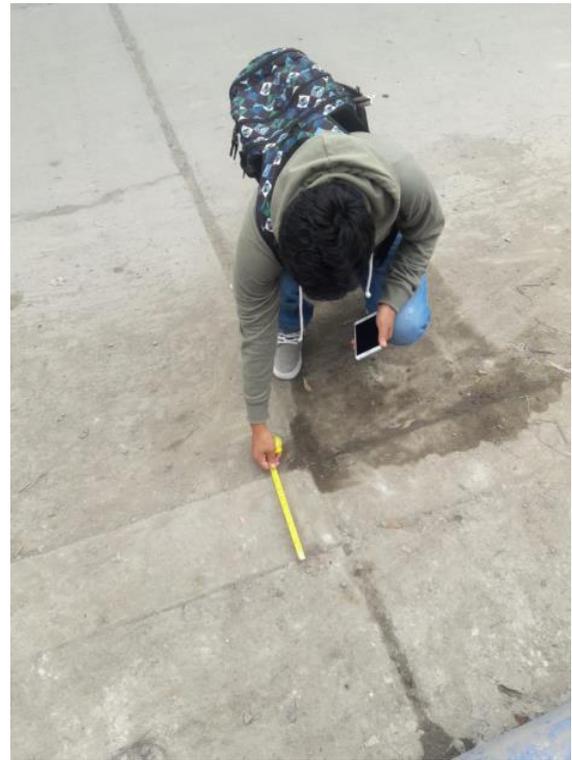
Hueco en la av. Lima



Piel de cocodrilo de severidad alta



Medición de la grieta longitudinal y transversal



Medición del parcheo



Identificación de grietas longitudinales



Desprendimiento de agregados





Huecos de alta severidad



Parqueo



Abultamiento

ANEXO 04

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI									
LUGAR:					SECCIÓN:				
FECHA					UNIDAD DE MUESTREO				
REALIZADO POR:					AREA DE LA UNIDAD				
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA	
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2				
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2				
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2				
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2				
6. Depresión	m2	13. Baches	Nº	19. Desprendimiento de agregados	m2				
7. Grieta de borde	m								
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD				
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$				
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
85 - 100		EXCELENTE	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES						
71 - 85		MUY BUENO							
56 - 70		BUENO							
41 - 55		REGULAR							
26 - 40		POBRE							
11 - 25		MUY POBRE							
0 - 10		FALLADO							
T O T A L	BAJA (L) MEDIA (M) ALTA (H)								
CALCULO DEL PCI									
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido VD					
NRO	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC			
1									
2									
3									
4									
5									
					Max.VDC				
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)					$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$				
					PCI=				
CONDICION DEL PAVIMENTO									

Anexo 05 Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
¿De qué manera la aplicación del índice de condición de pavimento determina la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019?	Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para la evaluación superficial del pavimento flexible Av. Lima, Comas, 2019.	La aplicación del índice de condición de pavimento determina de manera eficaz la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. San Bernardo, Los Olivos, 2019.	Evaluación superficial del pavimento flexible	ESTUDIOS PRELIMINARES	Características de la zona	De acuerdo al fin: Aplicada, puesto que es la aplicación de conocimientos adquiridos	
					Características generales de la vía		
				IDENTIFICACION DE LOS TIPOS DE FALLAS	Piel de cocodrilo		Según el nivel explicativo causal, porque tiene variables dependiente e independiente
					Exudación, etc.		
				NIVELES DE SEVERIDAD DE LAS FALLAS	Bajo		
					Medio		
Alto	Según el diseño: No experimental de corte transversal						
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS					
¿De qué manera la aplicación del índice de condición de pavimento identifica los tipos de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019?	Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para la identificación de los tipos de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019	La aplicación del índice de condición de pavimento identifica con detalle las fallas en la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. San Bernardo, Los Olivos, 2019.	Índice de Condición del Pavimento	CÁLCULO DEL PCI	Densidad		
					Valores deducidos.		
					Valores deducidos corregidos.		
¿De qué manera la aplicación del índice de condición de pavimento determina los niveles de severidad de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019?	Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para determinar los niveles de severidad de fallas del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019	La aplicación del índice de condición de pavimento determina de manera eficaz la severidad en la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. San Bernardo, Los Olivos, 2019.	Índice de Condición del Pavimento	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	Determinar PCI.		
					Rango de clasificación		
¿De qué manera la aplicación del índice de condición de pavimento determina la condición del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019?	Conocer la aplicación del índice de condición de pavimento para determinar de la condición del pavimento flexible en la Av. Lima, Comas, 2019	La aplicación del índice de condición de pavimento determina con mayor detalle la condición en la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. San Bernardo, Los Olivos, 2019.					

DEFINICIÓN OPERACIONAL

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Evaluación superficial del pavimento flexible	Consiste en la definición de la condición superficial de la carretera y su alrededor, este último comprende a todos los elementos relacionados con el pavimento de manera indirecta o directa que pueden generar daños a la seguridad del usuario (Montejo,2002,p.508)	La inspección visual detallada será necesaria para identificar las diferentes anomalías en la superficie del pavimento asfáltico	ESTUDIOS PRELIMINARES	Características de la zona	HOJA DE REGISTRO
				Características generales de la vía	
			IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS	Piel de cocodrilo	HOJA DE REGISTRO
				Exudación, etc.	
			NIVELES DE SEVERIDAD DE LAS FALLAS	Bajo	HOJA DE REGISTRO
				Medio	
Alto					
Índice de Condición del Pavimento	El PCI tiene el objetivo de proporcionar la condición operacional de la carpeta asfáltica, mediante la inspección visual. (Universidad de San Simón, 2004, P. 380)	Se tendrá en cuenta la norma ASTM D6433 para la obtención de los resultados del pavimento utilizando la hoja de registro	CÁLCULO DEL PCI	Densidad Valores deducidos. Valores deducidos corregidos.	HOJA DE REGISTRO
			CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	Determinar PCI. Rango de clasificación	

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS

Título de la investigación:						
Apellidos y nombres del investigador:						
Apellidos y nombres del experto:						
ASPECTO POR EVALUAR				OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
Evaluación superficial del pavimento flexible	ESTUDIOS PRELIMINARES	Características de la zona	HOJA DE REGISTRO			
		Características generales de la vía				
	IDENTIFICACION DE LOS TIPOS DE FALLAS	Piel de cocodrilo	HOJA DE REGISTRO			
		Exudación, etc.				
Índice de Condición del Pavimento	CALCULO DEL PCI	Densidad	HOJA DE REGISTRO			
		Valores deducidos. Valores deducidos corregidos.				
		Determinar PCI.				
	CONDICION DEL PAVIMENTO	Rango de clasificación				
Firma del experto			Fecha __/__/__			