



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**EXAMINAR Y DIAGNOSTICAR LAS PATOLOGÍAS
DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA OBTENCIÓN
DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN
EL JR. SUCRE, DEL DISTRITO DE AYACUCHO,
PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO
DE AYACUCHO - 2019.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR:

SOCA JORGE, PERCY

ORCID: 0000-0002-3197-3222

ASESOR:

RETAMOZO FERNÁNDEZ, SAÚL WALTER

ORCID: 0000-0002-3637-8780

AYACUCHO - PERÚ
2019

Equipo de trabajo

AUTOR

Soca Jorge, Percy

ORCID: 0000-0002-3197-3222

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote

Estudiante de Pregrado

Ayacucho-Perú

ASESOR

Retamozo Fernández, Saúl Walter

ORCID: 0000-0002-3637-8780

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote

Facultad de Ingeniería

Escuela profesional de Ingeniería Civil

Ayacucho-Perú

JURADO

Purilla Velarde, Jesús Luis

ORCID: 0000-0002-2103-3077

Esparta Sánchez, José Agustín

ORCID: 0000-0002-7709-2279

Berrocal Godoy, Ramón

ORCID: 0000-0002-0582-4469

Firma de Jurado y Asesor

Retamozo Fernández, Saúl Walter
ORCID: 0000-0002-3637-8780
Asesor

Purilla Velarde, Jesús Luis
ORCID: 0000-0002-2103-3077
Presidente

Esparta Sánchez, José Agustín
ORCID: 0000-0002-7709-2279
Miembro

Berrocal Godoy, Ramón
ORCID: 0000-0002-0582-4469
Miembro

Agradecimientos

A la universidad Católica los Ángeles de
Chimbote - ULADECH, por mantenerme
presente durante mi permanencia en esta
universidad.

A dios por mantenerme de pie y brindarme
sabiduría, a mis padres, a mis hermanos y
a mis compañeros.

Dedicatoria

A mis padres por darme ejemplo de lo bueno y diferenciar lo malo, a mis hermanos por coadyuvar como guía y competencia, a la universidad ULADECH por permitirme adquirir nuevos conocimientos.

Resumen

La estructura de la pavimentación está diseñada para soportar cierta carga producida por el tránsito, estas cargas y tensiones son generadas por las solicitaciones externas del constante tránsito de vehículos que circula por una avenida o jirón. Cuando se sobrepasa las cargas de diseño el pavimento puede sufrir daños plásticos, por el mismo hecho de que estaría soportando un exceso de carga. Bueno con el presente trabajo de investigación tengo el objetivo de identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el que se encuentra el Jr. sucre, de este modo tener como base de datos para con otras investigaciones e información para el municipio del distrito de Ayacucho para que pueda tomar medidas de solución a este foco de problemas; el diseño de la investigación es no experimental con una investigación básica de nivel, aplicando el método de investigación cuantitativo, llegando a un análisis de que el PCI promedio resulta **48.97** de condición **Regular**, por ende se debe de remplazar y hacer el mantenimiento correctivo de algunas losas en el Jr. Sucre.

Palabras clave: Índice de condición del pavimento, patología.

Abstract

The structure of the paving is designed to withstand a certain load produced by traffic, these loads and stresses are generated by the external solicitations of the constant traffic of vehicles that circulate through an avenue or shred. When the design loads are exceeded, the pavement can suffer plastic damage, due to the fact that it would be supporting an excess load. Well with the present research work I aim to identify and characterize the pathologies of the rigid pavement in which the Jr. sucre is located, in this way having as a database with other researches and information for the municipality of the District of Ayacucho so you can take remedial measures to this focus of problems; The design of the research is non-experimental with a basic level research, applying the method of quantitative research, arriving at an analysis that the average PCI results **48.97** of **regular** condition, therefore it must replace and do the corrective maintenance of some slabs in Jr. sucre.

Keywords: Pavement condition index, pathology.

Índice general

EQUIPO DE TRABAJO	II
FIRMA DE JURADO Y ASESOR	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.	3
2.1. Antecedentes.	3
2.1.1. Antecedentes Nacionales.	3
2.1.2. Antecedentes Internacionales.	7
2.2. Marco teórico.	9
2.2.1. Pavimento.	9

2.2.1.1.	Pavimentos flexibles.	11
2.2.1.2.	Pavimento semirrígido.	12
2.2.1.3.	Pavimentos Articulados.	12
2.2.1.4.	Pavimento rígido.	13
	A. Elementos que constituyen al pavimento rígido. . .	14
	B. Patologías del pavimento Rígido.	15
2.2.1.5.	Índice de Condición de Pavimento (PCI).	35
	Procedimiento de evaluación de la condición del pavi-	
	mento.	36
2.2.1.6.	Serviciabilidad de pavimentos.	39
2.2.1.7.	Objetividad en la evaluación de pavimentos.	40
2.2.1.8.	Curva de comportamiento de los pavimentos.	41
2.2.1.9.	Tipos de fallas en los pavimentos.	42
	A. Fallas de superficie.	42
	B. Fallas estructurales.	42
2.2.1.10.	Métodos de evaluación aplicables en pavimentos. . .	42
	A. VIZIR.	42
	B. FHWA / OH99 / 004.	42
	C. ASTM D 6433-99.	43
2.2.1.11.	Evaluación de Condición del pavimento.	43
2.2.1.12.	Importancia de evaluación de pavimentos.	43
III. HIPÓTESIS.		44
3.1.	Hipótesis general.	44
3.2.	Hipótesis específicas.	44
IV. METODOLOGÍA.		45
4.1.	Diseño de la investigación.	45
4.1.1.	Tipo de investigación.	45

4.1.1.1.	Investigación básica.	45
4.1.2.	Nivel de la investigación de la tesis.	45
4.1.2.1.	Estudio descriptivo	45
4.1.3.	Método de la investigación.	46
4.1.3.1.	Investigación cuantitativa.	46
4.2.	Población y muestra.	46
4.2.1.	Población.	46
4.2.2.	Muestra.	46
4.3.	Definición y operacionalización de variables e indicadores.	46
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	46
4.4.1.	Técnicas de evaluación visual.	48
4.4.2.	Cámara fotográfica.	48
4.4.3.	Cuaderno para la toma de apuntes.	48
4.4.4.	Planos de Planta.	48
4.4.5.	Wincha.	48
4.4.6.	Libros y/o manuales de referencia.	48
4.4.7.	Equipos topográficos.	48
4.5.	Plan de análisis.	49
4.6.	Matriz de consistencia.	49
4.7.	Principios éticos.	51
V.	RESULTADOS.	52
5.1.	Resultados.	52
5.2.	Análisis de resultados.	58
VI.	CONCLUSIONES.	66
	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.	68
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

Índice de figuras

2.1. Estructura de Pavimento flexible. Fuente: BOLAÑOS,2015	10
2.2. Sección transversal de pavimento flexible. Fuente: ESTRADA,2016.	12
2.3. Estructura transversal de pavimento rígido. Fuente: ESTRADA,2016.	14
2.4. Hinchamiento - Pandeo. Fuente: Norma ASTM-D6433.	16
2.5. Ruptura de Esquina Fuente: Norma ASTM-D6433.	17
2.6. Losa Dividida. Fuente: Norma ASTM-D6433.	18
2.7. Agrietamiento D de Durabilidad Fuente: Norma ASTM-D6433.	19
2.8. Falla. Fuente: Norma ASTM-D6433.	20
2.9. Daño de Sello de Junta. Fuente: Norma ASTM-D6433.	22
2.10. Caída externa de Vía. Fuente: Norma ASTM-D6433.	23
2.11. Agrietamiento Lineal. Fuente: Norma ASTM-D6433.	24
2.12. Parcheo Grande. Fuente: Norma ASTM-D6433.	25
2.13. Parcheo Pequeño. Fuente: Norma ASTM-D6433.	26
2.14. Agregado Pulido. Fuente: Norma ASTM-D6433.	27
2.15. Baches. Fuente: Norma ASTM-D6433.	28
2.16. Bombeo. Fuente: Norma ASTM-D6433.	29
2.17. Punzonamiento. Fuente: Norma ASTM-D6433.	30
2.18. Cruce de Ferrocarril Fuente: Norma ASTM-D6433.	31
2.19. Escamadura. Fuente: Norma ASTM-D6433.	32
2.20. Grietas de Contracción. Fuente: Norma ASTM-D6433.	33
2.21. Escamadura de Esquina. Fuente: Norma ASTM-D6433.	34

2.22. Escamadura de Junta. Fuente: Norma ASTM-D6433.	35
2.23. Índice de serviciabilidad del pavimento. Fuente: ASHTO,1993.	40
2.24. Curva de comportamiento del pavimento. Fuente: LOPEZ,2014.	41

Índice de tablas

2.1. Rango de calificación de PCI. Fuente: Norma ASTM-D6433.	35
2.2. Formato PCI, para Pavimento Rígido. Fuente: Norma ASTM-D6433.	37
2.3. Formato PCI, para Obtención de Valor Corregido Deducido. Fuente: Norma ASTM-D6433.	39
4.1. Matriz de operacionalización de variables. Fuente: Elaboración propia.	47
4.2. Matriz de consistencia. Fuente: Elaboración propia.	50
5.1. Cálculo del PCI muestra n° 01. Fuente: Elaboración propia.	53
5.2. Cálculo del PCI muestra n° 02. Fuente: Elaboración propia.	54
5.3. Cálculo del PCI muestra n° 03. Fuente: Elaboración propia.	55
5.4. Cálculo del PCI muestra n° 04. Fuente: Elaboración propia.	56
5.5. Cálculo del PCI muestra n° 05. Fuente: Elaboración propia.	57
5.6. Tipos de patologías de la muestra n° 01. Fuente: Elaboración propia.	58
5.7. Condición del pavimento de la muestra de la muestra n° 01. Fuente: Elaboración propia.	59
5.8. Tipos de patologías en la muestra n 02. Fuente: Elaboración propia.	60
5.9. Condición del pavimento en la muestra n 02. Fuente: Elaboración propia.	60
5.10. Tipos de patologías en la muestra n 03. Fuente: Elaboración propia.	61
5.11. Condición del pavimento en la muestra n 03. Fuente: Elaboración propia.	62
5.12. Tipos de patologías en la muestra n 04. Fuente: Elaboración propia.	62
5.13. Condición del pavimento en la muestra n 04. Fuente: Elaboración propia.	63

5.14. Tipos de patologías en la muestra n 05. Fuente: Elaboración propia.	64
5.15. Condición del Pavimento en la muestra n 05. Fuente: Elaboración propia. . . .	64
5.16. Promedio del PCI de las unidades de muestreo. Fuente: Elaboración propia. . .	65
5.17. Promedio final de PCI. Fuente: Elaboración propia.	65

I. Introducción.

Existe un gran número de patologías en el pavimento rígido ubicado en el Jr. sucre, de nuestro distrito de Ayacucho, Huamanga, región de Ayacucho, ocasionando problemas a nivel social, ambiental y de tránsito, lo cual esto afecta a las habitantes que residen en esta avenida así lo mismo trae un impacto negativo al medio ambiente (haciendo que el tránsito sea más lento), por ende expulsa mayor combustión al transcurrir los vehículos.

La estructura de la pavimentación está diseñada para soportar cierta carga producida por el tránsito, estas cargas y tensiones son generadas por las solicitaciones externas del constante tránsito de vehículos que circula por una avenida o jirón. Cuando se sobrepasa las cargas de diseño el pavimento puede sufrir daños plásticos, por el mismo hecho de que estaría soportando un exceso de carga.

La universidad Católica ULADECH nos brinda una línea de investigación para la escuela profesional de ingeniería civil “determinación y evaluación de las patologías en pavimentos y estructuras de concreto a nivel nacional” por ende plantea como **problema** lo siguiente: ¿Cómo identificar, clasificar y cuantificar las patologías del pavimento rígido para la obtención del índice de condición del pavimento en el Jr. Sucre del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho – 2019?.

De acuerdo a este enunciado el **objetivo general** es: Identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho – 2019. De donde se derivan sus **objetivos específicos**: Identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho – 2019.

Caracterizar la patología predominante insitu en el pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho – 2019. Donde podemos apreciar la necesidad que existe en identificar los diferentes tipos patológicos y caracterizar la patología predominante en la superficie de rodadura del Jr. Sucre por el método PCI, lo cual nos permitirá proponer el tipo de intervención en las vías en estudio. Además, nos permitirá conocer el tipo de la patología predominante del tramo y las causas originadas, con la que se podrán corregir y prevenir los errores controlando el proceso constructivo en las pavimentaciones nuevas que se ejecutarán en este distrito de Ayacucho.

La **metodología** que se utilizará es descriptivo no experimental, que consiste en cuantificar mediante la observación tal como se encuentra dichas anomalías en su estado natural sin modificarlas y sin hacer experimentos en laboratorio, para tal fin utilizaremos el manual del método de índice de condición de pavimento (PCI). El PCI determina la condición del pavimento insitu de manera inspectora - visual, considerando la cantidad de falla, su severidad y las clases de patologías. Al realizar el análisis de la información recolectada insitu con todos los procedimientos que nos brinda el método del PCI, se podrá cuantificar el estado actual de la vía en estudio determinando el orden clasificatorio desde un pavimento excelente hasta un pavimento fallado. La investigación de diseño es no experimental con una Investigación básica de nivel descriptivo más metodología cuantitativa, Llegando a un promedio del PCI que resulta 38.90 de condición mala, por ende se debe de remplazar casi la mayoría de las losas y hacer el mantenimiento correctivo en algunas losas del Jr. sucre.

II. Revisión de la literatura.

2.1. Antecedentes.

2.1.1. Antecedentes Nacionales.

“En el barrio El Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash se desarrolló una investigación titulada: “Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las veredas del barrio El Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, región Ancash, diciembre 2015”. La presente investigación trata sobre la aplicación del método del PCI mediante fichas técnicas (hoja de inspección) en las veredas del barrio el triunfo, lugar donde se encontraron diversos tipos de deterioro, identificando algunas posible causas. Con esta determinación se pudo hallar los valores de reducción de las 5 calles del barrio según el PCI, donde se encontró 2 tipos de patologías presentes con mucha regularidad en estas calles, siendo pequeños parcheos y las grietas lineales, que posiblemente fue el resultado de cambios bruscos de temperatura y manifestaciones de humedad, presencia de materiales incomprensibles en las juntas, procesos de construcción inadecuados, como los malos curados y mantenimiento inusuales, de toda la investigación realizada se llegó a la conclusión de que la vía de las 5 calles tiene una calificación promedio de 48.80 de PCI, una condición regular [1].”

“En la ciudad de Huacho capital de la provincia de Huaura, departamento de Lima, se desarrollo una investigación titulada: “Evaluacion superficial del pavimento flexible por el metodo pavement condition index (PCI) en las vias arteriales: Cincuenta-

nario, Colón y Miguel Grau (Huacho- Huaura-Lima)”. La presente investigación aplicó el PCI en un pavimento flexible para evaluar la condición superficial, conociendo de esta manera el estado actual de la existente, además se mencionó que al 100 % de esas vías les falta realizar la evaluación, de toda la investigación realizada se llegó a la conclusión de que la vía de av. Cincuentenario tiene una calificación promedio de 51.84 de pci de condición regular y que la av. miguel grau y colon tiene una calificación promedio de 59.29 de pci de condición bueno [2].”

“En el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali se desarrolló una investigación titulada: “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el Índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de la pista en la avenida Tupac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali”. La presente investigación plantea como objetivo encontrar el tipo y que nivel tiene la patología del pavimento rígido en la avenida Tupac Amaru, llegando a la conclusión que si presentan patologías los pavimentos rígidos estudiados, resaltando el daño existente entre las juntas, la presencia de grietas de esquina , algunos punzonamientos, hasta los desgastes o presencia de pulimentos de los agregados con algunos descaramientos de juntas y llegando a la conclusión que la vía presenta una calificación promedio de 39.21 de PCI de condición malo [3].” “En el distrito de San Juan Bautista, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho se desarrolló una investigación titulada: “Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, distrito San Juan Bautista provincia de Huamanga – Ayacucho”. La presente investigación menciona que los pavimentos de concreto no presenta un plan de mantenimiento por parte de la oficina de infraestructura, que con su trabajo de investigación pretende obtener la escala de conservación existente en el pavimento rígido en el distrito san juan donde afirma que estas pistas si requieren los mantenimientos entrelazados desde la prevención hasta los correctivos, las cuales fueron muestreados de manera visual y determinaron el índice de condición en las pistas de concreto hidráulico mediante el PCI según las patologías

encontradas [4].”

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: “Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales”. La presente investigación presenta el concreto reforzado con fibras como alternativa de solución para mejorar el comportamiento del concreto; ya que sus diversas aplicaciones hacen que sea uno de los productos más solicitados por las ventajas que aportan al concreto. Las principales mejoras que proporciona la adición de fibras al concreto son la disminución de fisuras en la contracción plástica como endurecida y la resistencia a tracción aumenta de manera considerable. La necesidad de ahorrar costos, aumentar la calidad y optimizar los materiales hace que se realicen investigaciones sobre distintos aditivos que se le añaden al concreto como acelerantes de fragua, incorporadores de aire, reductores de agua, superplastificantes, impermeabilizantes, entre otros; como también el tipo de refuerzo que complementa al concreto como varillas de acero, mallas electrosoldadas, fibras de acero, entre otros. El uso del concreto fibroreforzado se viene dando cada vez más en nuestro país, se utiliza desde los pavimentos rígidos hasta el reforzamiento de estabilidad en túneles, concluyendo que es uno de los materiales con mayor demanda en los diferentes campos de la ingeniería [5].”

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: “Los encofrados deslizantes en la construcción de silos de concreto armado en el Perú”. La presente investigación pretende hacer un resumen del sistema de los encofrados deslizantes en base a los procedimientos que se han venido aplicando en este tipo de obras en el Perú, de manera que sirva de guía para obras similares. Se va a desarrollar el tema en base a la aplicación de este sistema para la construcción de silos o reservorios verticales de concreto armado, concluyendo que las descripciones presentadas son en gran medida, aplicables para la construcción de cualquier tipo de estructura vertical que aplique para construirse con el sistema deslizante [6].”

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en

pavimentos flexibles”. La presente investigación consiste en el análisis del uso de geosintéticos, en específico las geomallas, como refuerzo de bases granulares dentro de una estructura de pavimento flexible, lo que se busca es determinar si son una alternativa económicamente viable sin disminuir la capacidad estructural de la vía proyectada en el proyecto analizado. Con este propósito se realizó un diseño de tres alternativas bajo los mismos parámetros de diseño: la primera alternativa es una sección convencional o no reforzada; mientras que las dos alternativas adicionales consisten en secciones reforzadas con geomallas biaxiales y multiaxiales respectivamente. Para obtener un diseño alternativo óptimo es necesario conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado actualmente, para ello se hizo una clasificación de las mismas y se mostraron sus aplicaciones típicas. Concluyendo que se describieron los mecanismos de refuerzo relacionados con el uso de geomallas dentro de estructuras de pavimento y los beneficios que estos permiten lograr [7].”

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: .Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en lima”. La presente investigación se basa en la aplicación para medir la rugosidad con teléfonos inteligentes Roadroid, presenta una alternativa confiable con grandes beneficios técnicos y económicos si se le comparada con los métodos más usados hoy en día en carreteras. Por el lado técnico, la clasificación por precisión del IRI calculado es de clase 2 según el Banco Mundial, igual de precisa que los instrumentos más utilizados en la actualidad como por ejemplo los perfilómetros laser. Económicamente se pueden reducir los costos en más de un 80 % por cada análisis de rugosidad, sin contar los beneficios extra con los que esta cuenta como por ejemplo el no necesitar mantenimiento y poseer una muy baja devaluación en el tiempo. Roadroid cuenta con herramientas que permiten generar informes y realizar un control de rugosidad de manera clara, didáctica y efectiva. Concluyendo que la aplicación móvil traslada los resultados a una plataforma virtual donde cuenta con automatizaciones que agilizan el trabajo de gabinete, generando gran eficiencia al poder realizar mayores kilómetros de análisis a

precios más bajos generando un importante valor agregado [8].”

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: .Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”. La presente investigación trata de encontrar una alternativa de solución que ayude al control de las aguas pluviales provenientes de precipitaciones anormales debido a una alteración del clima por la ocurrencia de El Niño - Oscilación Sur en la costa noroeste del Perú. Para ello se evalúa implementar el concreto permeable en vías locales y pavimentos especiales de dicha región, se combinan aspectos tanto hidráulicos como estructurales, así el pavimento debe ser capaz de drenar cierto volumen de agua y proporcionar resistencia estructural adecuada para el tipo de vía a evaluar. Se analiza la capacidad estructural del concreto permeable, midiendo su resistencia a la compresión y a tracción por flexión. Luego, se comparan los resultados con los requerimientos para la capa de rodadura en vías locales y pavimentos especiales de acuerdo a la CE. 010 Pavimentos Urbanos y a las normas ACI [9].”

2.1.2. Antecedentes Internacionales.

“En el departamento de Lima se desarrolló una investigación titulada: “Implementación de un SIG para la administración de pavimentos aeroportuarios a través de la aplicación de un Índice de condición de pavimentos”. La presente investigación se basa sobre el programa Micro Paver donde se realiza la fundamentación para la incorporación de los PCI generadas en los aeropuertos, este procedimiento consta en la introducción de información al SIG (Sistema de Información Geográfica) que nos permitirá determinar la condición del pavimento y de esta manera obtener datos que sean de importancia para la gestión de mantenimiento o reposición de la estructura del pavimento, consta de un resultado efectivo en la obtención de un SIG para que brinde información y análisis territorial con la introducción de información aeroportuaria determinada por los PCI, con la capacidad de brindar consultas y respuestas de acuerdo

a información solicitada ya sea mediante gráficos hasta incluso mapas, manteniendo de la mano la información manejada por la dirección de Aeropuertos [10].”

“En la ciudad de Valdivia, provincia de Valdivia, región de Los Ríos - Chile se desarrolló una investigación titulada: “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos”. La presente investigación presenta una descripción de los tipos de pavimentos existentes para la construcción de caminos, mostrarlos diferentes tipos de deterioros que se presentan en un pavimento, sus diferentes causas a través de su construcción o a lo largo de los años, se plantea a demás los tipos de técnicas de reparación aplicadas en obras de pavimentación, mostrando sus procesos constructivos acompañado de un registro fotográfico para la mayor comprensión del proceso. En este trabajo como caso practico se muestra la conservación de pavimentos aplicada a los sectores 1 y 2 de Valdivia, concluyendo las causas que produjeron estos deterioros, y las reparaciones aplicadas, destacando los procesos constructivos en la reconstrucción de calzadas de pavimentos y carpetas asfálticas, sirviendo de un gran aporte a los profesionales que pretendan desarrollarse en el área de obras viales. [11].”

“En México se desarrolló una investigación titulada: .Esgurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje experimental”. La presente investigación con el aporte de ingenieros de Brasil, evalúa la reducción del escurrimiento superficial en pavimentos construidos con bloques rectangulares de suelo-cemento. Los ensayos fueron realizados en un pavimento piloto con bloques de suelo-cemento, asentados en una caja metálica de 50 cm 50 cm (área = 2500 cm²), con pendientes de 1, 3 y 5 %. Se utilizaron intensidades medias de 76.9 mm/h y 117.7 mm/h, valores próximos a las intensidades calculadas por la curva intensidad-duración-frecuencia (i-d-f) de la ciudad del Salvador, Brasil, para tiempo de retorno de 2 y 5 años, respectivamente. El coeficiente de escurrimiento medio fue $C = 0.61$, este valor es cercano al coeficiente de pavimento con bloques rectangulares ($C = 0.6$) y es inferior al valor del coeficiente de pavimento de bloque de concreto ($C = 0.78$) [?].”

“En México se desarrolló una investigación titulada: Ün sistema de gestión de

pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo”. La presente investigación con el aporte de ingenieros Colombianos, versa sobre la gestión de pavimentos y la posibilidad de desarrollar tecnologías de apoyo orientadas hacia la valoración funcional de pavimentos. Así el presente artículo propone y discute la implementación de un sistema para países en vía de desarrollo, que está basado en nuevas tecnologías que facilitan la toma y análisis de información para los procesos de gestión de pavimentos, con tiempos y costos razonables. El sistema propuesto utiliza un vehículo equipado con elementos que permiten el registro y localización geográfica automática de daños existentes en los pavimentos, así como la generación de mapas de deterioro vial a través de plataformas WEB, que se pueden utilizar para justificar la toma de decisiones en torno a políticas de inversión en infraestructura vial [12].”

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Pavimento.

Se va considerar dos puntos de vista los cuales se describe líneas abajo.

- **Primer punto de vista (Ingeniería):** “Es un paquete estructural que se encuentra descansando en el terreno de fundación ósea en la sub rasante donde se debe diseñar y preparar esta capa para que sea capaz de soportar cargas externas en un cierto tiempo, Ver figura 1” [13]. También es el conjunto de estratos de material adecuadamente seleccionados, compuesto por un grupo de capas intercaladas, parcialmente planos, las cuales se proyectan y erigen convenientemente con materiales adecuados y convenientemente compactados. Dichas estructuras estratificadas se respaldan sobre la subrasante de una vía obtenida por el desplazamiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir favorablemente los esfuerzos que las cargas reiteradas de tránsito le transmite durante el período por las cuales fue diseñada la estructura del pavimento [14].

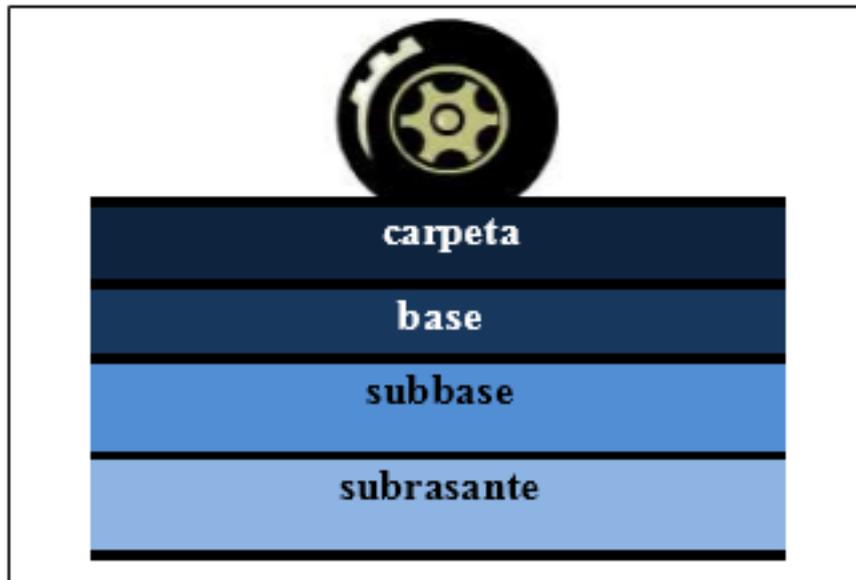


Figura 2.1: Estructura de Pavimento flexible.
Fuente: BOLAÑOS,2015

- **Segundo punto de vista (Usuario):** “Es cuando la superficie presenta más uniformidad y brinde un confort y seguridad al transitar sobre ella proporcionando un servicio de calidad donde impacte en la vida diaria de las personas” [13].

Agregaremos algunas descripciones de otros autores:

“Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento” [15].

Es muy importante conocer la clasificación de los pavimentos, ya que de acuerdo a este nos orientaremos y plantaremos su proceso de evaluación.

Para que un pavimento se desempeñe adecuadamente debe cumplir los siguientes requisitos:

- Fortaleza a la acción de cargas aplicadas por el tránsito.
- Fortaleza ante los agentes naturales como el sol y la lluvia.
- Presentar una contextura externa que se amolden a las velocidades presumibles de tráfico vehicular, que influye drásticamente en la seguridad del tráfico vehicular. Asimismo, debe tener aguante al deterioro ocasionado por la consecuencia abrasiva de los neumáticos de vehículos.
- Debe tener una regularidad exterior, así como transversal como longitudinal, que faculte una adecuada confort a los usuarios de acuerdo a las longitudes de onda tanto como deformación y velocidad de la velocidad de circulación.
- Tiene que tener una adecuada duración.
- Se debe diseñar correctamente los sistemas de drenaje de estos.
- La rodadura debe mostrar un adecuado ruido y no causar molestia a los transeúntes y que no afectan el confort natural
- Debe ser económico.
- Tiene que tener un color apropiado para que aproveche la luz adecuadamente, así como los reflejos molestosos [14].

Los pavimentos se clasifican de la siguiente forma:

2.2.1.1. Pavimentos flexibles.

Se llaman pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se flexiona obedeciendo a las cargas que transitan sobre él, el uso de pavimentos flexibles se realiza básicamente en zonas de abundante tránsito como puedan ser vías, aceras o estacionamientos [14]. “Este tipo de pavimento presenta una capa bituminosa en la parte superior que a la vez se apoya en la capa granular de base y sub base, continuación presento la sección transversal” [16].

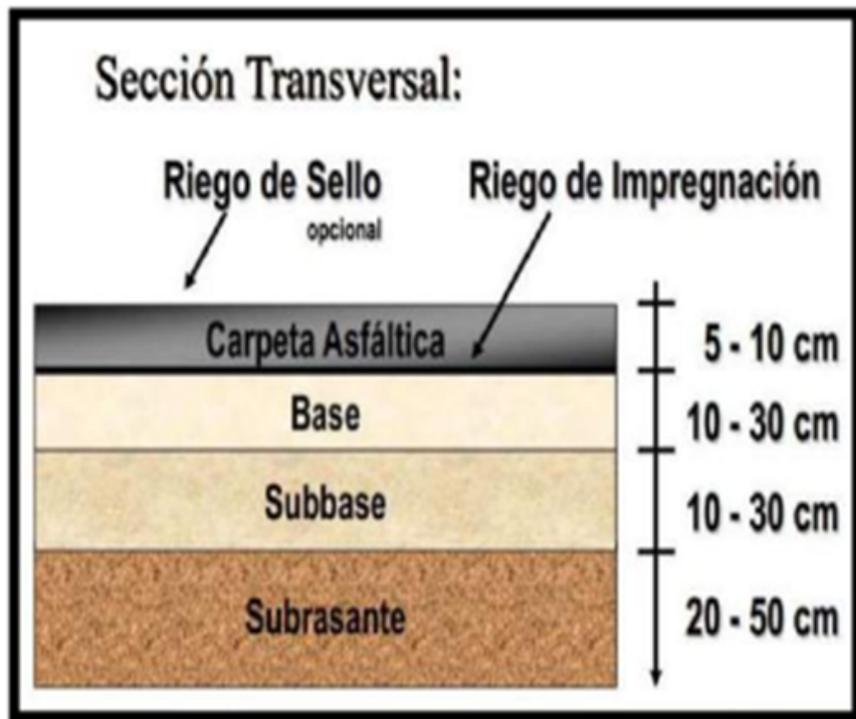


Figura 2.2: Sección transversal de pavimento flexible.

Fuente: ESTRADA,2016.

2.2.1.2. Pavimento semirrígido.

Tiene similar estructura de un pavimento flexible, con el cambio que una de sus estratos se encuentra rigidizada con la mano del hombre con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento, emulsión o químicos; los cuales permitan incrementar la capacidad portante del suelo [14].

“Tiene el mismo estilo estructural que la del pavimento flexible a excepción que presenta una capa rígida artificialmente en la cual se pudo emplear algún tipo de aditivo, estos aditivos aumentan la resistencia del suelo” [16].

2.2.1.3. Pavimentos Articulados.

Son aquellos pavimentos cuyas capas superior o terminado del pavimento están constituidos por elementos de concreto prefabricados, que se denominan adoquines, los cuales son iguales entre si y de un grosor uniforme, y que se disponen sobre una estrato delgado de arena, encima de una capa granular o la subrasante [14].

“Este tipo de pavimento lleva constituido por unos bloques de concreto pre fabricado, que pueden ser los adoquines de dimensiones uniformes que sobreyase sobre una capa de arena que ésta a la ves puede estar descansando en una capa granular o simplemente en un buen sub rasante” [16].

2.2.1.4. Pavimento rígido.

Son aquellos que se compone de concreto hidráulico y que en algunos tipos presenta un armado de acero, la cual se encuentra sostenida sobre un estrato de material que es denominada base y sub rasante. En este tipo de pavimentos se pueden distinguir algunos tipos que son: concreto simple con juntas con o sin barras de transferencia de carga, concreto reforzado con juntas y barras de traspaso de cargas y concreto continuamente reforzado [14]. Estos pavimentos, transmiten a la sub rasante las cargas que reciben de una manera uniforme, en una extensión considerable y a una distancia apreciable de su punto de aplicación, y los reparte en una gran superficie [17], constituido con losa de cemento hidráulico en la parte superior, donde descansa en una capa granular que puede ser la base o la sub rasante, que a la vez se pueden distinguir en: hormigón reforzado de barras y juntas que traspasan cargas, continuamente hormigón reforzado y hormigón simple de juntas con o sin barras que traspasan cargas” [16].

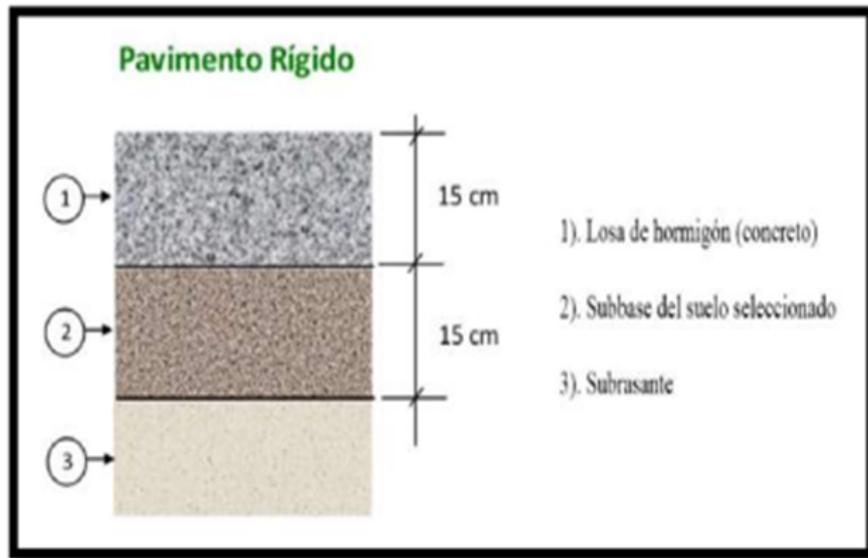


Figura 2.3: Estructura transversal de pavimento rígido.

Fuente: ESTRADA,2016.

A. Elementos que constituyen al pavimento rígido.

a. Sub rasante. Es la capa de la estructura del pavimento que resiste las cargas de la estructura del pavimento y que se extiende hasta una fondo que no dañe a la carga de diseño que pertenece al tráfico previsto. Esta capa tiene un origen en corte o relleno el cual compactada debe disponer de las secciones transversales y pendientes determinadas en el diseño final. El grosor del pavimento obedecerá a la calidad de la sub rasante, por tanto esta debe cumplir los requerimientos de resistencia, incompresibilidad y protección a la expansión y encogimiento productos de la humedad, por tal razón, el diseño de un pavimento es elemental el arreglo de la carga de diseño por neumático de acuerdo a la capacidad de la subrasante [14].

b. Base. Es la capa de la estructura que tiene como función primordial distribuir y transmitir con uniformidad las cargas impuestos a la superficie de rodadura del pavimento originadas por el tránsito vial a la subbase y a través de ésta a la subrasante; por lo que la capa de sub rasante puede resistir absorbiendo cambios inherentes a tal suelo que puedan afectar a la subbase. Por lo cual ésta capa controlará las modifica-

ciones de volumen y elasticidad que serían nocivos para el pavimento. Asimismo su función es servir como capa de drenaje y controlar el fenómeno la ascensión capilar de agua, ayudando de esta manera a la estructura de pavimento, por lo cual habitualmente se utilizan materiales granulares. Al existir capilaridad en época de heladas, se origina un hinchamiento del agua, provocado por el congelamiento, lo que resulta en fallas en el pavimento a causa de que no se dispone de una subrasante o subbase apropiado [14].

c. Superficie de rodadura. Capa que se encuentra en la parte superior del componente estructural de pavimento, elaborado con concreto hidráulico, debido a su gran rigidez y elevado módulo de elasticidad, le dan su capacidad portante a la losa, que es mayor a la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. Como resultado, el concreto hidráulico dispone mejor las cargas hacia la estructura del pavimento. Otra función importante de esta capa es su capacidad de impermeabilización que evita la filtración de agua proveniente de la lluvia [14].

B. Patologías del pavimento Rígido.

a. Hinchamiento-Pandeo. Esta anomalía suele ocurrir en clima caliente, con normalidad se presenta en las juntas o en la grieta cruzado que no es lo adecuadamente amplia para que pudiera expandirse la losa. Esta falla patológica, es ocasionado por la infiltración de materiales incompresibles entre la junta de dilatación.

Grados de severidad.

- BAJA- Pandeo que causa severidad baja.
- MEDIA- Pandeo que causa severidad media.
- ALTA- Pandeo que causa severidad alta.

Forma de medir.

Se podrá medir considerando en una losa. Pero si la anomalía se presenta en una junta y perjudica a dos losas, la patología se podrá considerar anomalía en dos losas. Considera [18]

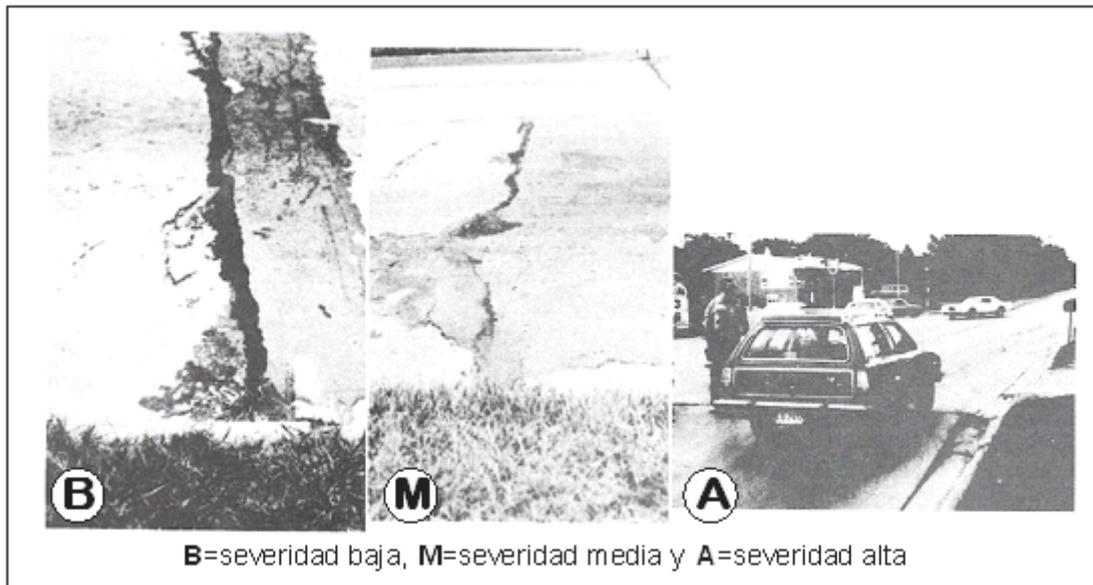


Figura 2.4: Hinchamiento - Pandeo.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

b. Ruptura de esquina. Esta patología consiste en una abertura que secciona las juntas a un trayecto igual o menor al centro de la extensión de losa del uno y otro, cuantificadas desde el borde de la losa. La disolución de esquina, se diferencia de un descascaramiento de esquina en que la grieta se extiende perpendicularmente a través del grosor entera de la losa [19]

Grados de severidad.

- BAJA- Está definido por la grieta de grado de severidad baja y el área entre la ruptura y las juntas no deben de estar resquebrajadas. MEDIA- El área entre la junta y ruptura está resquebrajada sólo ligeramente.
- ALTA- El área que se encuentra entre la junta y ruptura se encuentran muy resquebrajadas.

Forma de cuantificar.

La losa ostentosa por esta patología, se anota como una losa con anomalía si:

- Domina una sola patología (rotura de esquina).
- Presenta más de una patología (rotura) de un nivel particular
- Presenta patologías (ruptura) de diferentes severidades, se debe tomar como dato la más alta.

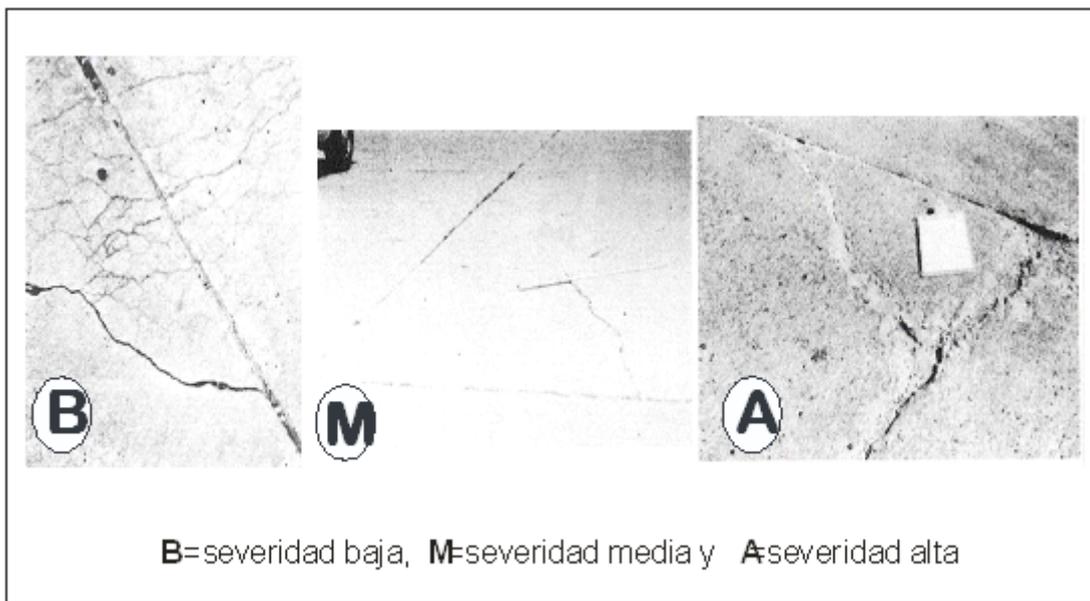


Figura 2.5: Ruptura de Esquina

Fuente: Norma ASTM-D6433.

c. Losa dividida. Son aquellas losas divididas por cuatro o más secciones, esto se genera a consecuencia debido a cargas vivas o inadecuado soporte de cargas.

- BAJA- Número de pedazos resquebrajadas entre 4 a 5 en una losa.
- MEDIA- Número de pedazos resquebrajados entre 6 a 8 en una losa.
- ALTA- Número de pedazos resquebrajados mayor a 8 en una losa.

Forma de medir.

Si esta patología se presenta en una losa con magnitud media o alta. Ninguna otra patología se cuantifica, en la losa analizada. [19]

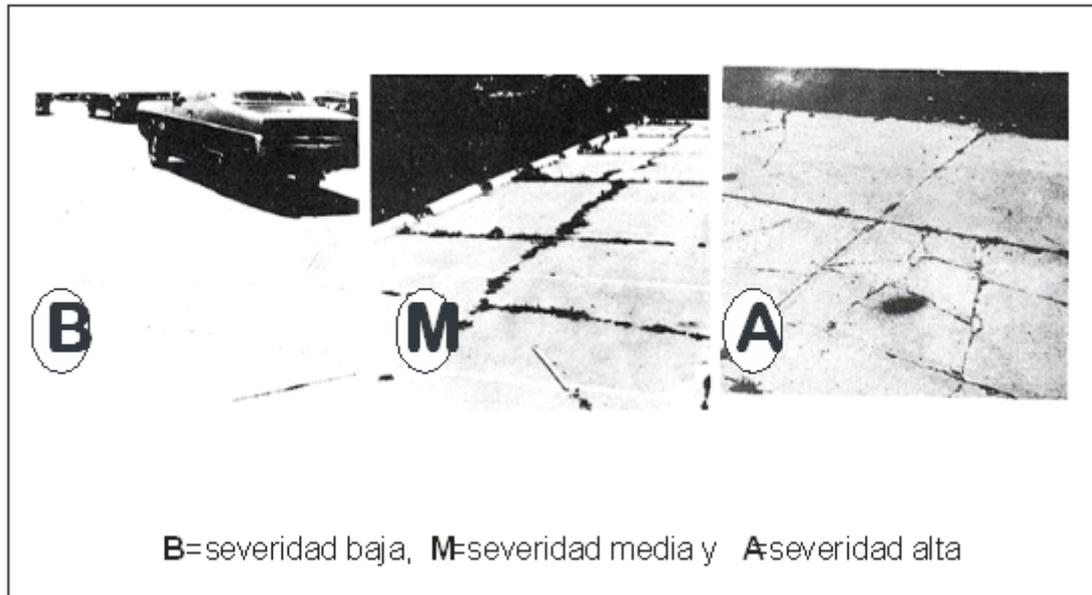


Figura 2.6: Losa Dividida.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

d. Agrietamiento “d” de durabilidad. Esta anomalía, es ocasionada por la acción hielo y deshielo del pavimento que destroza poco a poco al pavimento. Normalmente esta patología surge como piloto de grietas similares cerca de una grieta lineal o junta. Cuando el pavimento se inunda cerca de las grietas y juntas, un almacén con coloración oscura puede hallar a la redonda de estas anomalías. Esta anomalía, podría producir la desintegración eventualmente a toda la losa.

Niveles de severidad.

- BAJA- Grietas “D” que cubren menor del 15 % del área de una losa y la mayoría de los tramos se desbaratan fácilmente.
- MEDIA- Esta patología que se encuentra menor a 15 por ciento del área de una

losa. La mayoría de los segmentos se podrían quitarse fácilmente o también que cubre mayor del 15 por ciento del espacio del pavimento, la totalidad de las grietas son precisas, pero algunos podrían quitarse fácilmente.

Forma de cuantificar.

Si la patología es catalogada en un nivel, se anota como una losa. Si existiese más de un nivel de severidad en una losa, se toma el nivel más alto. [20]

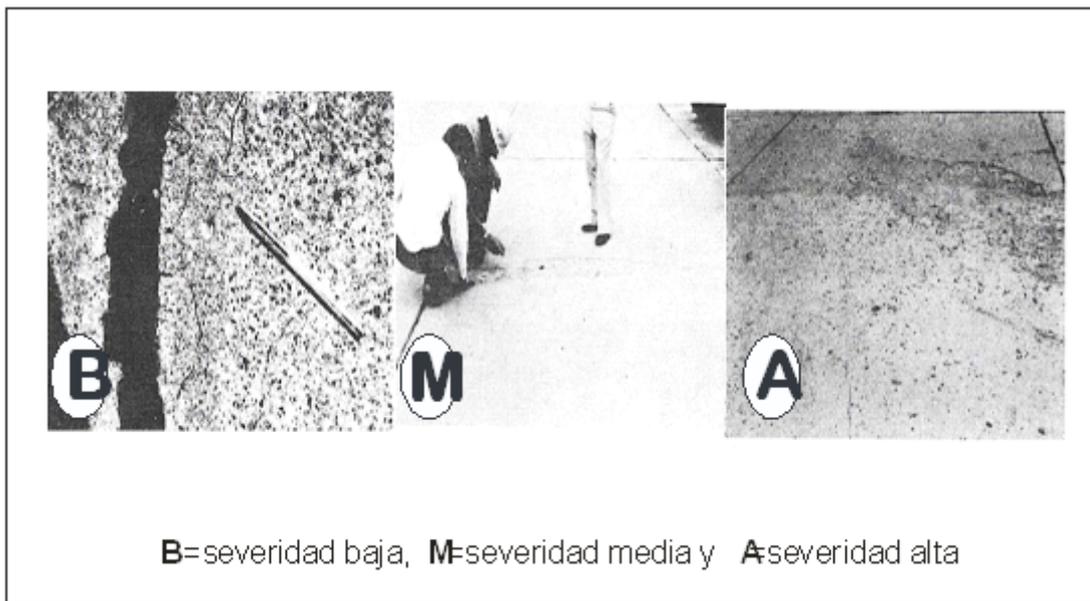


Figura 2.7: Agrietamiento D de Durabilidad

Fuente: Norma ASTM-D6433.

e. Falla. Es la diferencia de nivel de las juntas. Pueden ser las causas comunes de falla:

- Asentamiento de base, esto puede ser ocasionado debido a poca compactación del suelo de fundación.
- Bombeo de base o sub base bajo el pavimento o erosión.
- Resquebrajamiento del borde de una losa, debido a cambios bruscos de la temperatura y también por la humedad.

Niveles de patología.

- BAJA- Se considera, cuando la diferencia en elevación está entre 3 a 10mm.
- MEDIA- Cuando la diferencia en elevación está entre 11 a 19mm.
- ALTA- Cuando la diferencia en elevación está mayor a 19mm.

Forma de calcular.

La grieta a través de una junta se considera como una patología. Se cuentan solamente aquellas falladas [21].

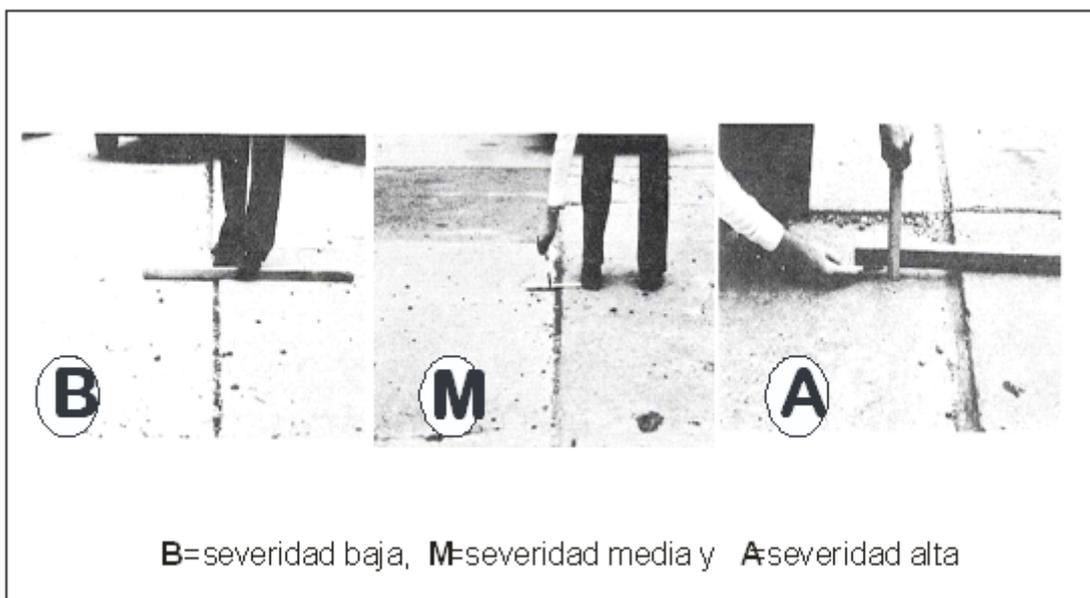


Figura 2.8: Falla.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

f. Daño de sello de junta. Esta anomalía, se considera cuando en el sello de la junta permita acumularse al suelo o piedras o permita la infiltración de agua en volumen considerable.

La conglomeración de algunas partículas incompresibles, lo cual podría limitar su correcto funcionamiento con aumento y disminución de temperatura ambiental (dilatación y compresión), por lo que en la estructura podría producir rotura o descascamiento.

Un saturado de junta maleable unidos a los costados de la losa permite proteger las juntas de conglomeración de material y no permite la infiltración de lluvia que puede mitigar el terreno natural que se apoya la losa.

Los prototipos de patologías comunes de sello de junta pueden ser:

- Desponjamiento de sello colectivo.
- Expulsión de sellante colectivo
- Falta o ausencia del sellante en la junta.
- La pérdida de atadura a los bordes de losas.
- Crecimiento de hierba.

Niveles de severidad.

- BAJA- El sello de la juntas de dilatación generalmente se encuentra en buena condición, a lo largo del área, sólo un daño menor o ligero.
- MEDIA- El sellante está en condición media a lo largo de la sección, con uno más tipos de daños moderados. El sello de juntas, necesita reemplazo en pocos años.
- ALTA- El sello de junta está en condición severa, Necesita el reemplazo de inmediato.

Forma de contar.

El deterioro de sellos de juntas de dilatación, no se calculará uno por uno; pero se cataloga basado en situación integral del sellante sobre la losa total [20].

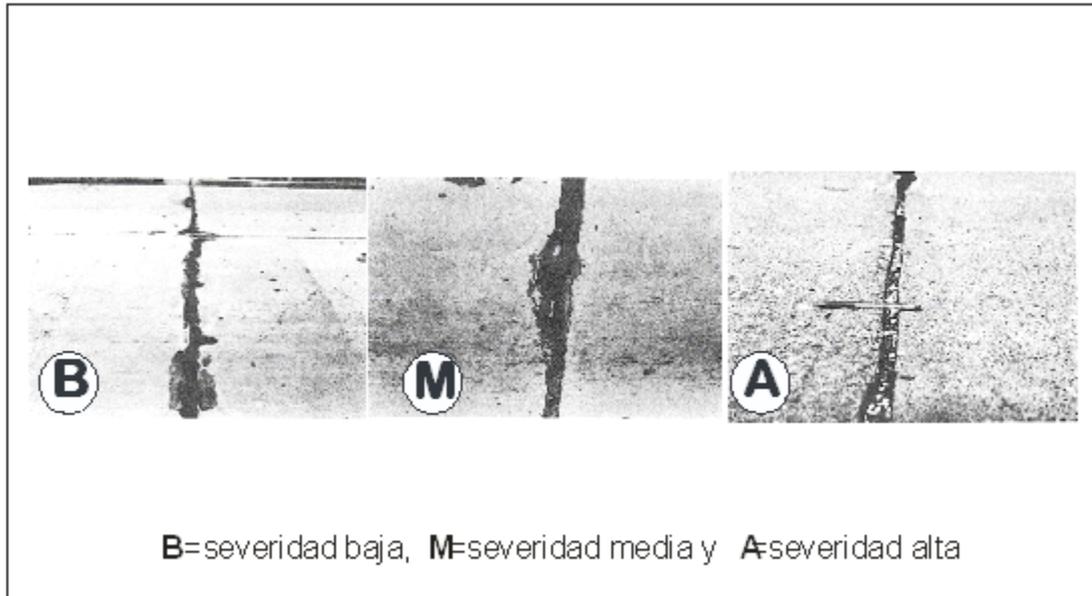


Figura 2.9: Daño de Sello de Junta.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

g. Caída externa de vía. Es el desnivel entre asentamientos y desintegración debido al calor, humedad, frío que la estructura soporta durante su vida útil, que se presenta en la hombrera y el canto de vía de la estructura. El desnivel de elevación es un riesgo, puede producir un aumento de ingreso de agua al terreno natural.

Niveles de severidad.

- BAJA- La incompatibilidad entre el borde del pavimento rígido y la hombrera es de 25 a 51mm.
- MEDIA- la diferencia en la elevación es de 52 a 103 mm.
- ALTA- La divergencia en la altura es mayor a 103 mm.

Forma de contar.

Se cuenta dividiendo la caída máxima y mínima a lo prolongado de una losa. Cada losa que presenta esta anomalía es contada separadamente y contada como una losa [21].

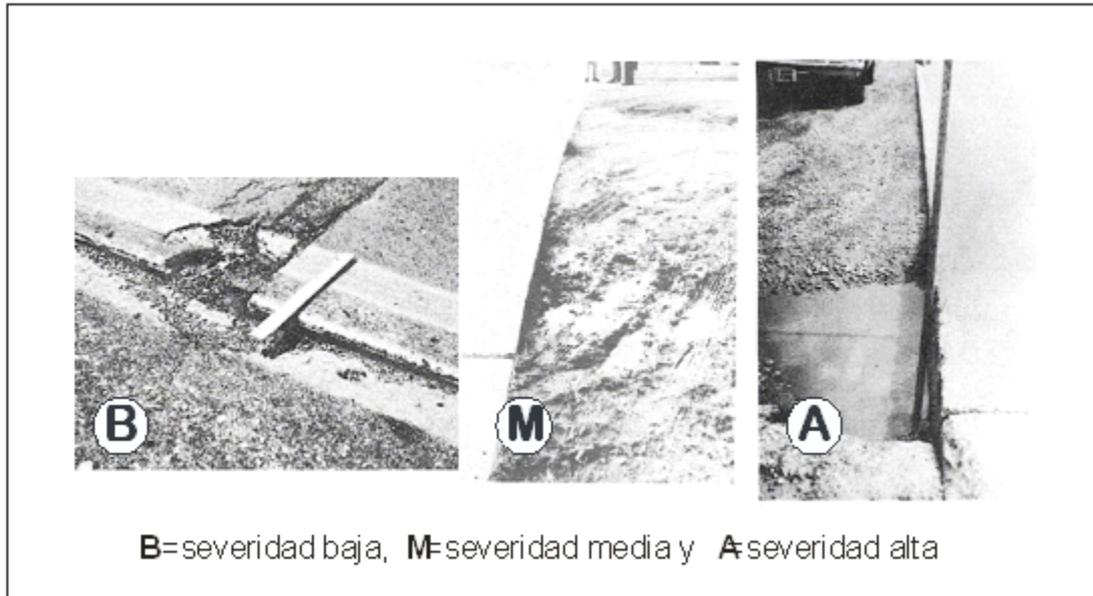


Figura 2.10: Caída externa de Vía.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

h. Agrietamiento lineal. Normalmente son aquellas grietas que suelen dividir a un paño de losa en tres o dos partes, estos son a causa de una combinación de cargas repetidas de tráfico. Las planchas fraccionadas en 4 o más, se cuentan una losa dividida (anomalía).

Clasificación de niveles (severidad).

- BAJA- Son aberturas no rellenas menor o igual a 12 mm de ancho.
- MEDIA- Grietas no rellenas entre 13 a 51 mm de ancho.
- ALTA- Grietas no rellenas mayor a 51 mm de ancho

Forma de medir.

Si en una losa se identifica agrietamiento con más de una severidad, se considera la severidad más alta [19].

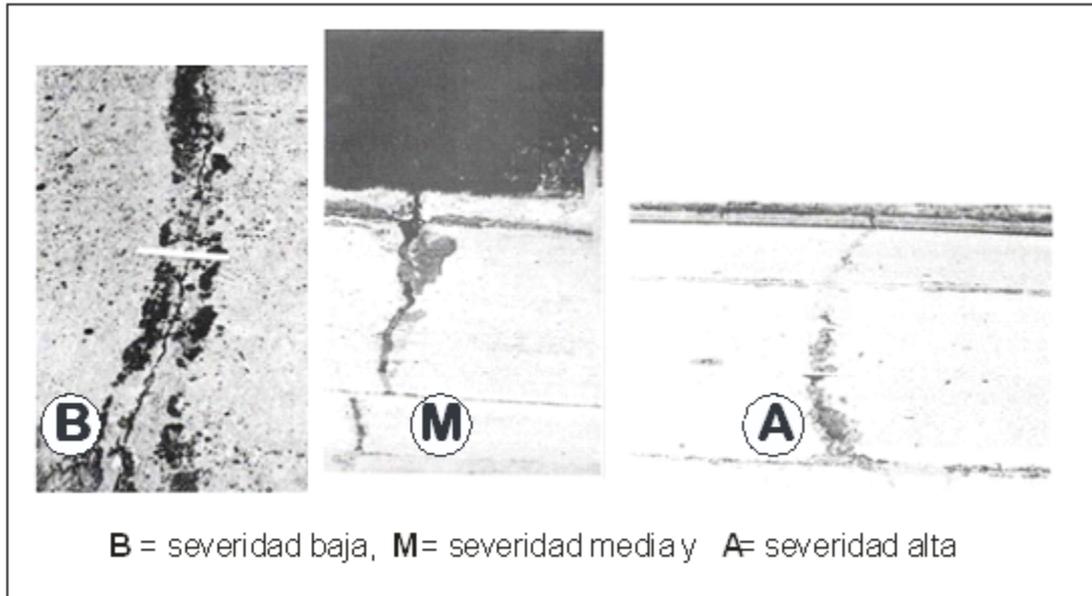


Figura 2.11: Agrietamiento Lineal.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

i. Parcheo grande y cortes de utilidad ($\geq 0.45\text{m}^2$). Es el pavimento donde una porción de losa han sido removidas, luego han sido reemplazados por materiales de relleno. Mientras cortes de utilidad, es cuando se hace aquel corte al pavimento con la finalidad de hacer algunas instalaciones o mantenimiento de utilidades subterráneas.

Niveles de severidad.

- BAJA- Es cuando el parche está funcionando bien no hay deterioro.
- MEDIA- El parcheo se encuentra moderadamente deteriorada. Este material de parcheo se puede expulsar con un esfuerzo formidable.
- ALTA- Parcheo exhibe demasíadamente maltratado. Necesita reemplazo.

Cuantificación.

Si en una losa se observa varios parches con una sola severidad se cuenta con esa severidad solamente. Si se encuentra diferentes severidades se cuenta en la losa la severidad superior [19].

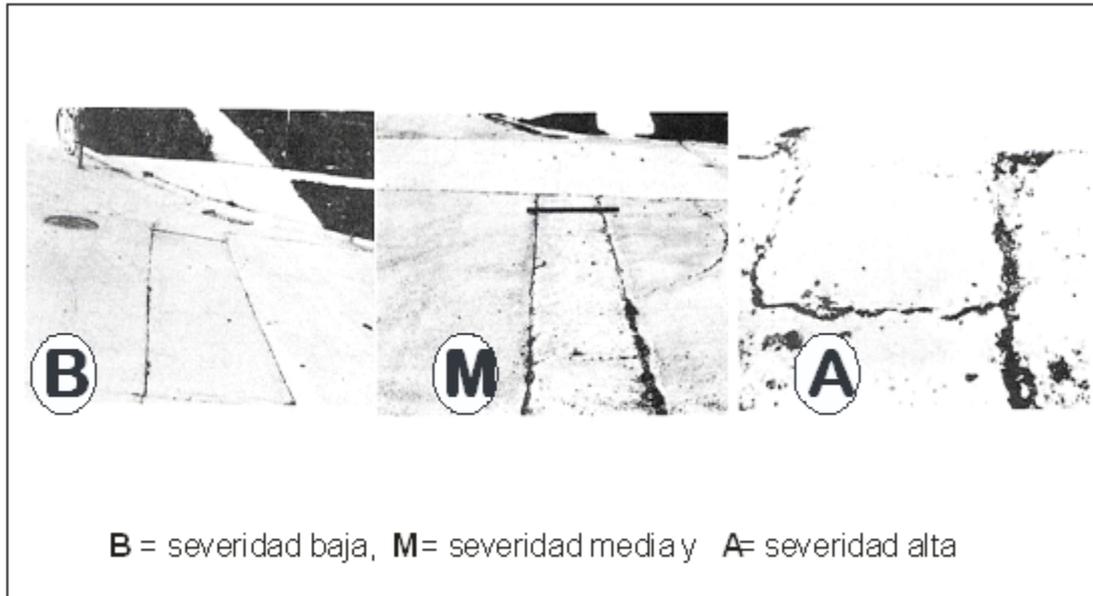


Figura 2.12: Parcheo Grande.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

j. Pequeño parchado (0.45m). Es el área removido del pavimento, el cual ha sido cambiado por materiales de saturado

Daños que exhiben.

- BAJA- El parcheo funciona normal, con pequeño deterioro.
- MEDIA- Se encuentra con ligero anomalía.
- ALTA- Está muy deteriorado, necesita reemplazo

Forma de medir.

Si una losa exhibe varias fallas con una misma severidad se considera sólo como una anomalía con la severidad encontrada. Pero si hubiese en una losa diferentes grados de severidad, se considera el superior [20].

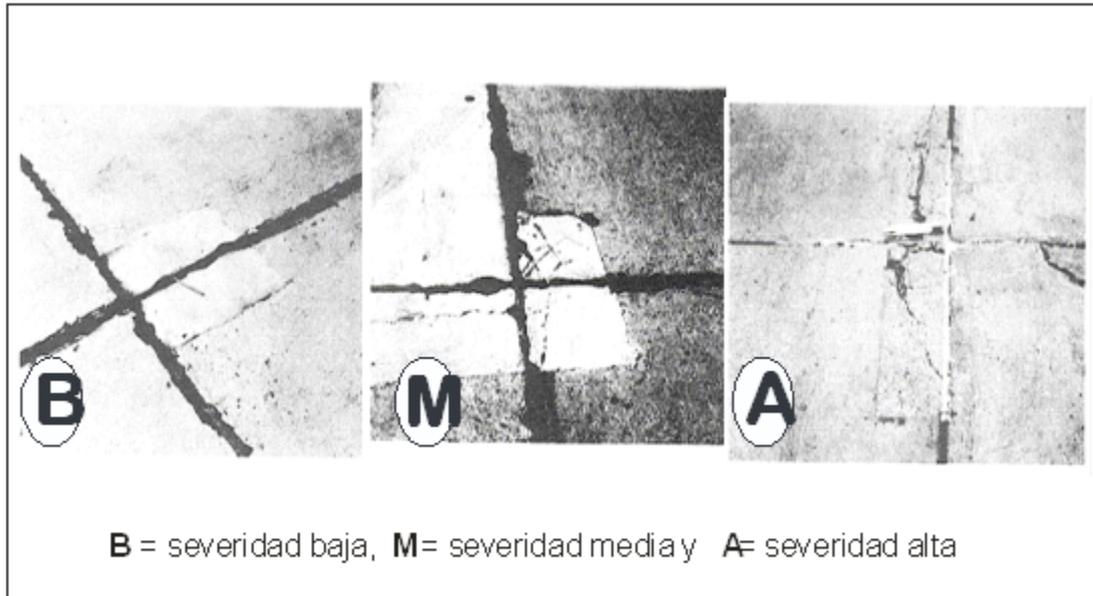


Figura 2.13: Parcheo Pequeño.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

k. Agregado pulido. Esta patología se produce por fatiga al recibir cargas vivas durante su vida útil, estas cargas pueden ser de vehículos. O sea la capa asfáltica en la superficie de rodadura se vuelve liso al tocar, disminuye la fricción entre la superficie y las llantas de los vehículos.

Eminencias de severidad.

Los niveles de severidad, no están definidas para esta patología

Forma de calcular. La losa que contiene esta patología, se computa como una losa [22].

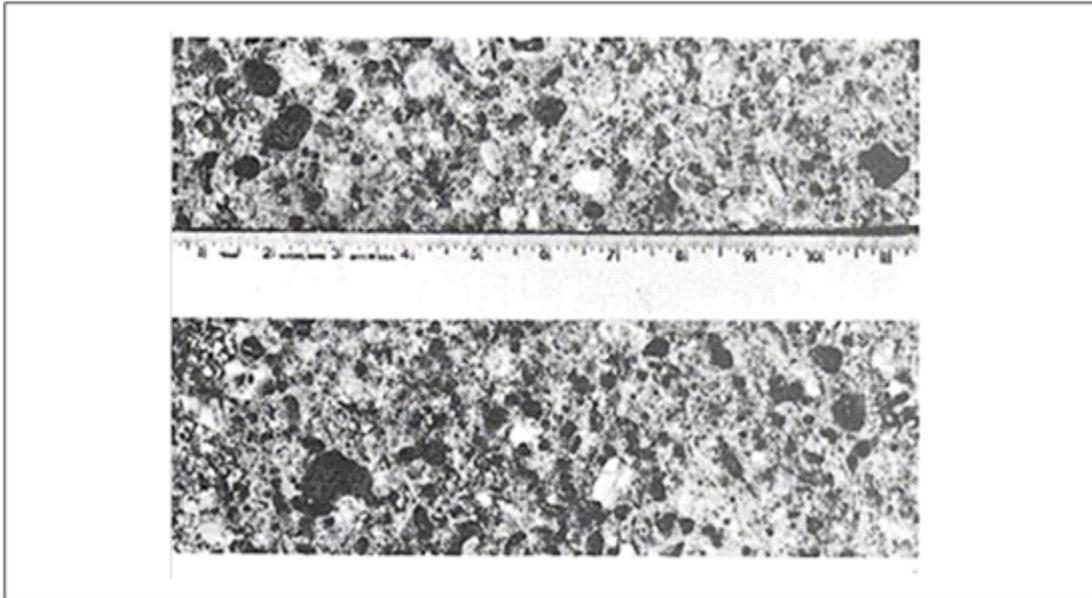


Figura 2.14: Agregado Pulido.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

I. Baches. Esta anomalía es una porción pequeña del pavimento rígido, generado por la acción natural del medio ambiente (hielo y deshielo), combinado con el aumento, en el volumen de hielo, comienzan a quebrar el concreto, principalmente la superficie.

Las depresiones se encuentran clasificadas aproximadamente en diámetros entre 25 a 102 mm y en profundidad de 13 a 51 mm.

Niveles de severidad.

No está definido ningún grado de severidad

Forma de contar.

La consistencia de la anomalía debe medirse. Si hubiera alguna incertidumbre que el promedio sea mayor que tres depresiones por yarda cuadrado, por lo menos 3 áreas expuestas de una yarda cuadrada (0.84m) corresponden a una verificación.

Cuando la media aritmética sea mayor a esta consistencia, la losa se debe medir [18].



Figura 2.15: Baches.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

m. Bombeo. Esta anomalía consiste en la evacuación del material del terreno natural (suelo de fundación) por intermedio de las rajaduras o grietas. Esta patología se ha formado por la flexión del pavimento por las cargas repetidas que soporta el pavimento o losa.

A través de la junta entre las losas se mueve la carga, la humedad ingresa primero bajo la losa primordial, por lo tanto ingresa entre las capas que base o sub base. Esta manifestación carcome y revuelve eventualmente las partículas del terreno natural, esta acción produce la pérdida progresiva de soporte del pavimento.

El bombeo se puede identificarse por manchas en las superficies y evidencia materia de base o sub rasante en el pavimento, cerca de grietas o juntas.

Niveles de severidad.

No están determinados ningún grado de severidad.

Forma de medir.

Aquella junta con esta patología entre 2 losas, se contará como 2 losas afectadas [21].



Figura 2.16: Bombeo.
Fuente: Norma ASTM-D6433.

n. Punzonamiento. Esta patología es la porción o espacio limitada de la losa que se encuentra desgarrada en los segmentos. Los punzonamientos logran presentarse en varias formas disparejas, se encuentra mayormente definido por una abertura y una junta, o dos fisuras cercanas (normalmente 1.52m de ancho).

La patología es ocasionada por cargas repetidas por automóviles, inadecuado grosor de losa, desgaste de soporte del terreno de fundación.

Niveles de severidad.

- BAJA- Número de pedazos 2 a 3 presentes en una losa.
- MEDIA- Número de pedazos 4 a 5 presentes en una losa.
- ALTA- Número de pedazos mayor a 5 presentes en una losa.

Forma de calcular.

Cuando una losa exhibe más de un punzonamiento, se debe registrar la anomalía de nivel de severidad superior [19].

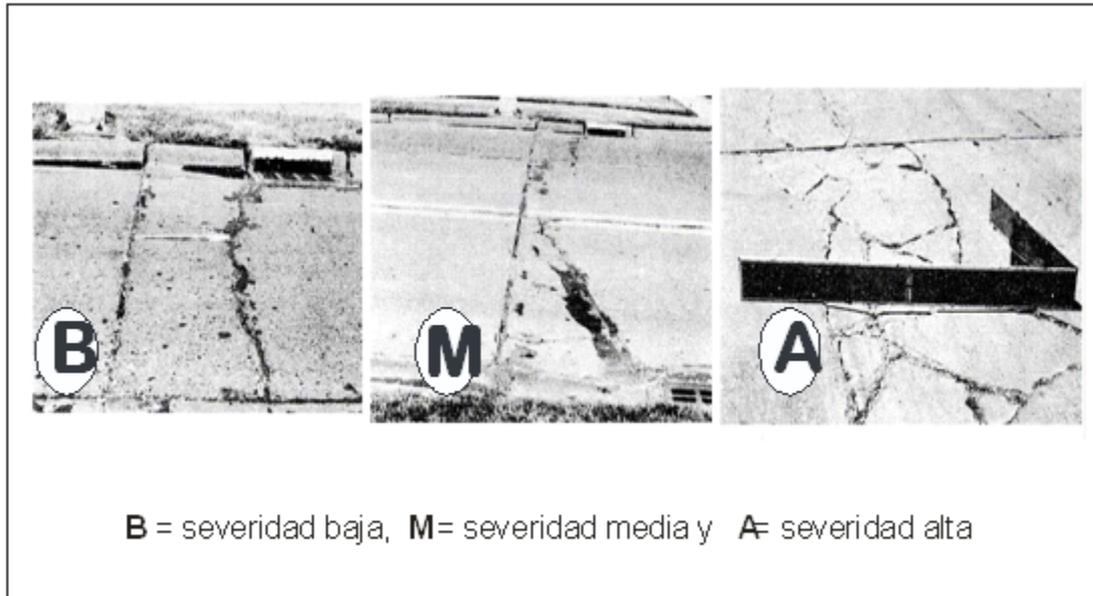


Figura 2.17: Punzonamiento.
Fuente: Norma ASTM-D6433.

ñ. Cruce de ferrocarril. La patología en mención exhibe en la losa depresiones en torno de las huellas.

Nivel de severidad.

- BAJA- Esta anomalía, causa calidad de paseo de baja severidad.
- MEDIA- Esta anomalía, causa calidad de paseo de media severidad.
- ALTA- Esta anomalía, causa calidad de paseo de severidad alta.

Forma de medir.

La cantidad de losas que pasan por las huellas ferrocarril se anota [18].

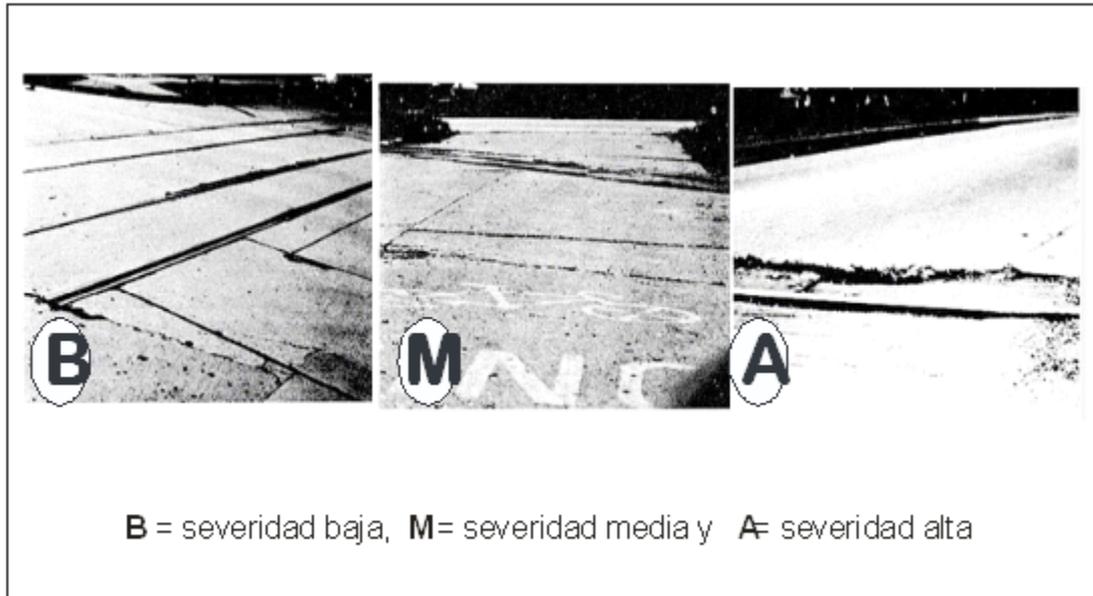


Figura 2.18: Cruce de Ferrocarril

Fuente: Norma ASTM-D6433.

o. Escamadura. Esta anomalía hace referencia, a la presencia de rede de grietas poco profundas, finas o de la línea de pelo que se extienden sólo a través de la superficie del pavimento.

Las grietas suelen cortarse en ángulos de 120 grados, esta anomalía es generado por la sobre-consumación del hormigón.

Niveles de severidad.

- BAJA- La patología se encuentra en el mayor porcentaje del espacio de losa; pero la superficie se encuentra en buenas condiciones, sólo con menor anomalía.
- MEDIA- Losa maltratada; pero menor a 15 por ciento de la losa afectada
- ALTA- Losa escamada mayor a 15 por ciento de su área.

Forma de medir.

La losa escamada se cuenta como una losa afectada [20].

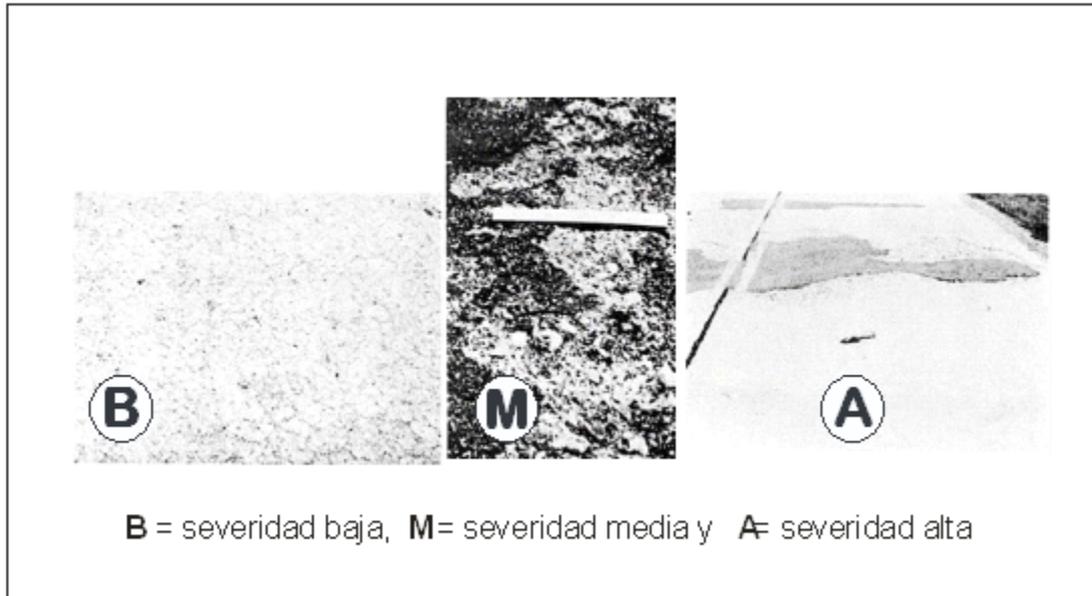


Figura 2.19: Escamadura.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

p. Grietas de contracción. Estas son fisuras de líneas de pelo que normalmente se extienden unos 40 cm de longitud, no se desarrolla en una losa entera. Se producen durante el asentamiento y el mal curado del pavimento pero no se extiende hasta la profundidad del pavimento, sólo se presenta en la superficie de la rodadura.

Niveles de severidad.

Es suficiente con detectar que existen grietas de contracción. No está definido ningún grado de severidad para esta anomalía.

Forma de calcular.

Si una o más patologías existen en una losa determinada, se cuenta como un paño afectado [22].



Figura 2.20: Grietas de Contracción.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

q. Escamadura de esquina. Es el deterioro de la losa dentro de 0.6m cerca de la esquina. Se difiere de una fisura de esquina, en que la escamadura normalmente suele cortar a la junta, mientras que una rotura se extiende verticalmente a través de una esquina de una losa de pavimento. Las Escamaduras menores a 127 mm de la abertura a la esquina en ambos lados no se deben medir.

Niveles de severidad.

- BAJO – Cuando las dimensiones de las escamas están entre (125 x 127 mm) a (305 x 305 mm) y menor a 25 mm de profundidad.
- MEDIO Cuando las dimensiones de las escamas están en (306 x 306 mm) y la profundidad está entre 25 a 51 mm.
- ALTO Cuando las dimensiones de las escamas son mayores a (306 x 306 mm) y una profundidad mayor a 51 mm.

Forma de medir.

Si en una losa se presenta uno o más defectos con el mismo nivel se considera una losa afectada; pero si exhibe diferentes niveles de severidad se considera el nivel superior en esa losa [22].

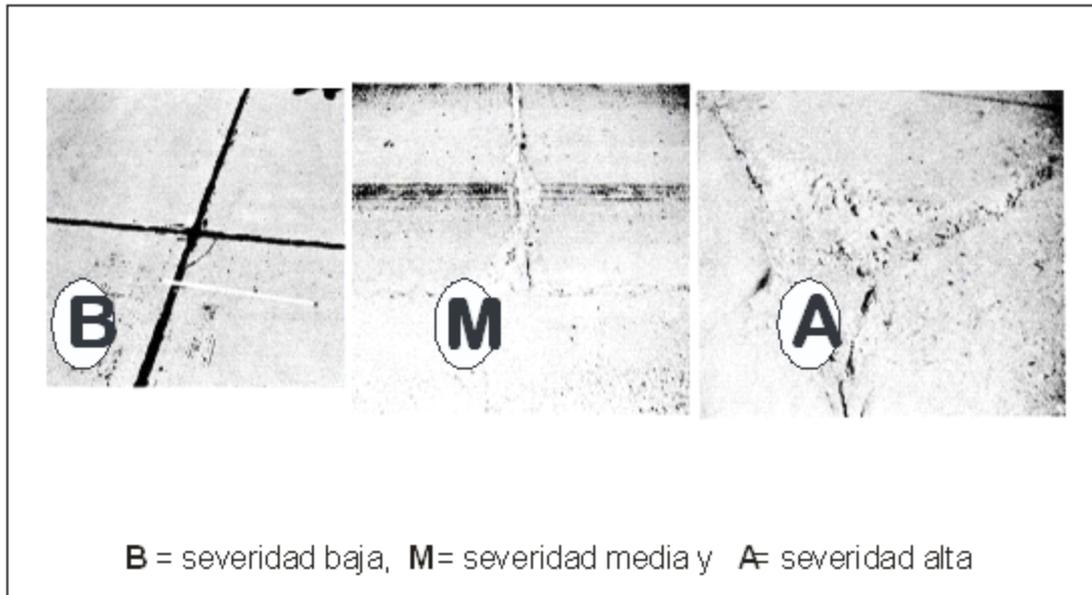


Figura 2.21: Escamadura de Esquina.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

r. Juntas escamadas. Esta anomalía, es el deterioro del borde de la losa dentro de 0.6 m de la junta. Casi siempre se extiende verticalmente a través de la losa; pero corta a la junta, en un ángulo. Esta anomalía es producto de:

- Esfuerzos elevados en la junta causados por las cargas repetidas del tráfico.
- Hormigón débil en la junta.
- Acumulación de lluvia en la junta, acción de hielo y deshielo [21].

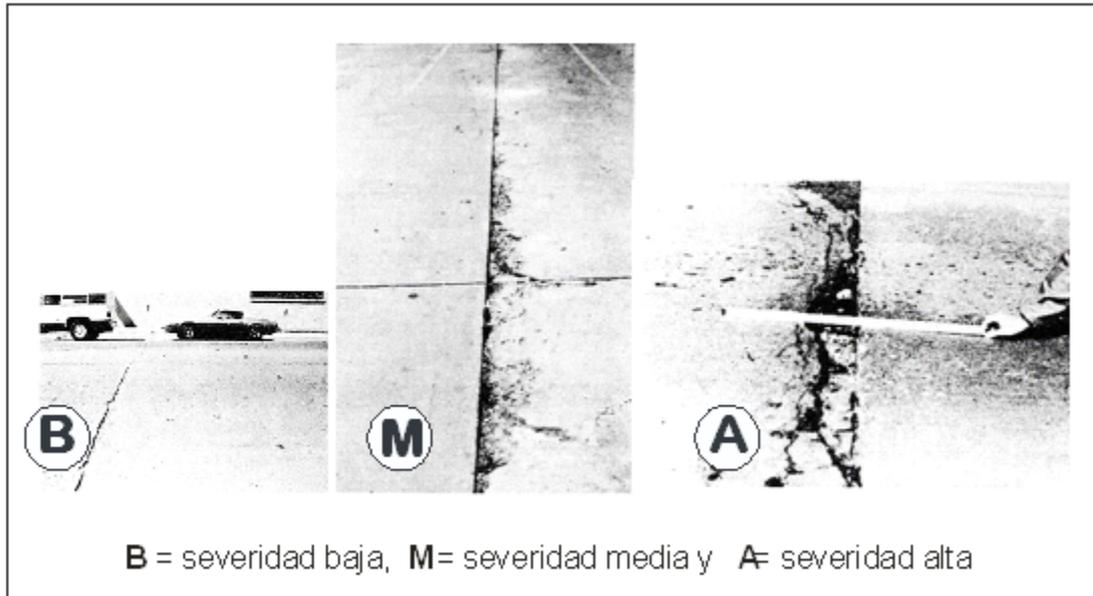


Figura 2.22: Escamadura de Junta.
Fuente: Norma ASTM-D6433.

2.2.1.5. Índice de Condición de Pavimento (PCI).

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. A continuación, se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. Y el grado de condición del pavimento es una descripción cualitativa que varía desde fallado hasta excelente.

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Tabla 2.1: Rango de calificación de PCI.
Fuente: Norma ASTM-D6433.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada

daño presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima [18].

Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento. Se inicia con el trabajo de campo (insitu) mediante el cual se identifican los tipos, niveles de patologías existentes, el cual se registra en formatos de registro de PCI.

Unidades de Muestreo: Para tomar la muestra, se debe elegir en forma aleatoria, ya sea los pares o cada cinco losas, etc. De los cuales se tendrá que tomar varias unidades de muestra que engloben y que caractericen a la población.

Para pavimentos rígidos se debe cumplir las siguientes características: losas con longitud inferior a 7.60 m, la cantidad de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 - 8 losas.

Cálculo del pci de las unidades de muestreo. Luego de haber completado la inspección, se toman datos de las características de las patologías, estos datos nos servirán para encontrar el PCI. Esta operación puede ser tanto manual o utilizando computador, se basa en los “Valores Deducidos” de cada anomalía conforme con las cantidades y severidades encontradas.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
ZONA		ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL			NÚMERO DE LOSAS					
INSPECCIONADA POR				FECHA						
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño					
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.					
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea					
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento					
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción					
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina					
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta					
		33	Bombeo							
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA					
					o	o	o	o	o	
										10
					o	o	o	o	o	
										9
					o	o	o	o	o	
										8
					o	o	o	o	o	
										...
					o	o	o	o	o	
					1	2	3	4		

Tabla 2.2: Formato PCI, para Pavimento Rígido.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

Procesamiento de datos para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Portland:

PASO 1. Cálculo de los Valores Deducidos.

- Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI.
- Divida el número de LOSAS contabilizado entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.
- Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada.

PASO 2. Cálculo del número Admisible Máximo de Valores Deducidos (m).

Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos.

- Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3 de carreteras pavimentadas:

$$m_i = 1,00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$

Donde:

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

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

PASO 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

- El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:
Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.
- Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

- Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas, hasta que q sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

PASO 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

Con el proceso iterativo se obtiene el “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

No.	Valores Deducidos								Total	q	CDV
1											
2											
3											
4											

Tabla 2.3: Formato PCI, para Obtención de Valor Corregido Deducido.

Fuente: Norma ASTM-D6433.

2.2.1.6. Serviciabilidad de pavimentos.

Esta serviciabilidad se presenta bajo un índice, “como resultado que fue experimentado en una prueba de AASTHO, donde la evaluación fue realizada en la escala de 0- 5, la escala cero significa que el pavimento presenta una superficie de malas condiciones y la escala 5 presenta un tipo de pavimento perfecto. Adjunto esta escala a continuación en una tabla:” [23].

ESCALA DE CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMERO	LETRAS	
5.0 -4.0	Muy Bueno	Esta clasificación en su mayor índice solo los que alcanzan son los pavimentos recién construidos durante el periodo de inspección ya que presentan superficies suaves y sin deterioro.
4.0-3.0	Bueno	Esta clasificación conlleva a que los pavimentos no sean muy buenos ya que presentarían ligeros o casi nada de señal de deterioro en la superficie. Por ejemplo los pav. Rígidos pueden presentar rasgos de deterioro en la superficie, presencia de algunas fisuras menores y desconches.
3.0-2.0	Regular	En esta clasificación los tipos de pavimentos pueden mostrar problemas cuando el tránsito conlleva una mayor velocidad como por ejemplo los pav. Rígidos pueden presentar rasgos agrietamiento, pumping, escalonamiento y falla en las juntas.
2.0-1.0	Malo	Para esta clasificación los tipos de pavimento muestran problemas y afectan el libre tránsito a una mayor velocidad, por ejemplo en Pav. Rígidos presentan rasgos de agrietamiento, parches, bombeo escalonamiento y desconche de juntas.
1.0- 0.0	Muy Malo	En esta clasificación los tipos de pavimento presentan un deterioro extremo, el manejo resulta problemático y sin considerar la disminución de velocidades, se puede apreciar oquedades de diversos tamaños generando baches.

Figura 2.23: Índice de serviciabilidad del pavimento.

Fuente: ASHTO,1993.

2.2.1.7. Objetividad en la evaluación de pavimentos.

Recae en un rol primordial, “ya que las personas encargadas a realizar la evaluación deben estar capacitadas, pues de lo contrario todas las pruebas tomadas a través del tiempo perderían su certeza y credibilidad y no podrían llegar a ningún resultado o comparación, por ende es de suma importancia escoger el método evaluación adecuado, objetiva y selectiva. Cabe mencionar que los resultados no siempre darán la condición de comparación entre dos o más proyectos ya que existe un sesgo intrínseco en la toma de decisión, por lo que ocurriría una desviación de la realidad y lo palpado en las muestras, menciono dos causas de ocurrencia” (LOPEZ HUAMAN, 2014).

- a “Variabilidad de unidades, están se presentan como base de análisis de estudio” [15].
- b “Diversidad de interpretación en cada unidad, determina una supuesta rehabilitación” [15].

2.2.1.8. Curva de comportamiento de los pavimentos.

En la figura 04 se muestra “la calidad histórica de un pavimento, por lo que se necesita algunos datos históricos de transito durante un cierto período de estudio y la calidad de rodadura para determinar el comportamiento funcional de este, para determinar el estado de transito del pavimento se necesita datos sobre la funcionabilidad de la superficie de rodadura en el tiempo de estudio y datos históricos de la funcionabilidad del pavimento. Mediante datos de números equivalentes o tiempo versus PCI (índice de condición del pavimento) o PSI (índice de serviciabilidad) se puede determinar la degradación del pavimento como lo mostrado en a figura 04, mediante este grafico podemos tomar mejores decisiones que nos ayuden a aumentar la vida útil del pavimento determinado el nivel mínimo de aceptación” [15].

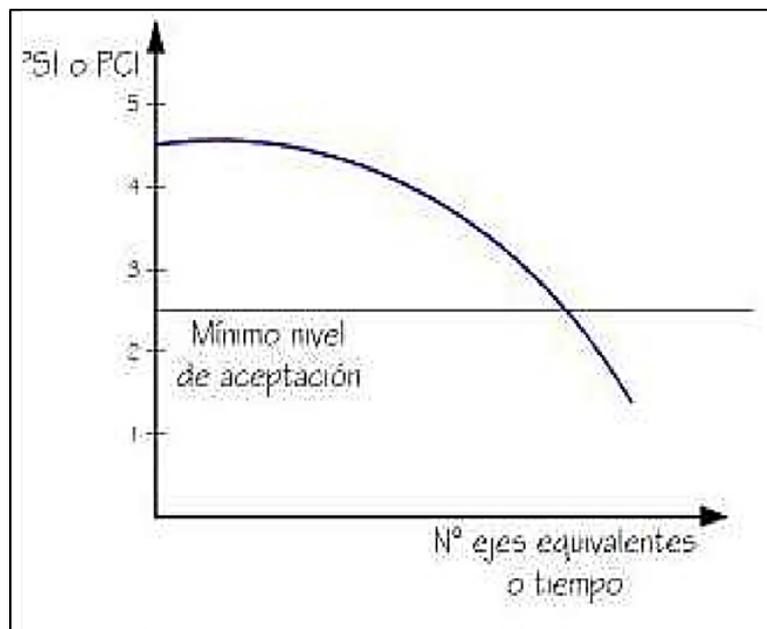


Figura 2.24: Curva de comportamiento del pavimento.

Fuente: LOPEZ,2014.

2.2.1.9. Tipos de fallas en los pavimentos.

Dentro del tipo de fallas de un pavimento encontraremos 2 fallas las cuales son las superficiales y estructurales.

A. Fallas de superficie. “Se muestra en la superficie de la calzada los cuales son deterioros y no tiene relación con el comportamiento estructural del pavimento, estos tipos se pueden corregir con mantenimiento preventivo de regularización del parte superficial en la que se impermeabiliza y se da una adecuada rugosidad” [15].

B. Fallas estructurales. “Esta falla se manifiesta en la parte superficial de la calzada lo cual guarda relación con el paquete estructural del pavimento donde las demás capas fueron afectadas con las energías transmitidas por efecto del tránsito y el clima, la rehabilitación para este tipo de falla recae en ejercer un refuerzo o parche en el componente estructural para que aumente su vida útil” [15].

2.2.1.10. Métodos de evaluación aplicables en pavimentos.

A continuación mencionamos los 3 métodos más usados para el diagnóstico de las carretas y pavimentaciones:

A. VIZIR. “Con este método también podemos determinar la degradación de la superficie del pavimento, su aplicación y comprensión es simple y establece una clara deferencia entre la falla funcional y la falla de estructura, este método se emplea en países en pos de desarrollo y lugares tropicales” [24].

B. FHWA / OH99 / 004. “Tiene un concepto muy claro y su uso es sencillo, esta aplicación toma mayor importancia a los deterioros en abundancia o que sean importantes en una cierta región por el hecho de que pondera algunos factores, a excepción de regiones tropicales” [15].

C. ASTM D 6433-99. “Es más presentado por PCI (Paviment Condition Index), es un método también que determina la degradación de la superficie, al presente método lo tomare con mayor énfasis ya que será utilizado como herramienta de recolección de datos para mi investigación por el mismo hecho de que algunas entidades reconocidas a nivel mundial lo emplean para cuantificar los deterioros superficiales de un determinado pavimento” [4].

2.2.1.11. Evaluación de Condición del pavimento.

“En la evaluación consideraremos que la calzada debe estar resuelta talque presente un óptimo nivel de servicio de acuerdo a las demandas presentadas, donde la plataforma debe estar diseñada con una comodidad y seguridad que brinde al usuario” [15].

A diferencia de lo mencionado líneas arriba esta evaluación finaliza con un informe, “considerando los detalles (estado actual) encontrados en si en toda la superficie del paquete estructural, tomando de esta manera algunas opciones y mejores decisiones en cuanto a la reparación, mantenimiento o demolición de estas, con las cuales podemos dar unos impactos positivos en la sociedad” [15].

2.2.1.12. Importancia de evaluación de pavimentos.

“Es carácter primordial la evaluación de pavimentos, ya que esta dará a conocer la condición de las deficiencias en toda la superficie de la calzada, donde nos permitirá tomar mejores decisiones para las correcciones de estos deterioros y con ello brindar una buena serviciabilidad al usuario, además con la evaluación periódica predecimos la vida útil de un red vial o proyecto. Al tratar una patología a tiempo prolongamos su vida útil y optimizamos el coste de rehabilitación; para obtener estos buenos resultados aplicaremos esta metodología ASTM D 6433-99 ó PCI ya que es completa y asimila los dos tipos esenciales de pavimento” [15].

III. Hipótesis.

3.1. Hipótesis general.

Se podrá identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho.

3.2. Hipótesis específicas.

- Se podrá identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho,
- Se podrá caracterizar la patología predominante insitu en el pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho.

IV. Metodología.

4.1. Diseño de la investigación.

No experimental en la investigación no busco experimentar más al contrario solo identificar, y caracterizar las patologías en el pavimento rígido, recolectando información de forma transversal, lo cual si aplica para describir la incidencia de la variable.

4.1.1. Tipo de investigación.

4.1.1.1. Investigación básica.

Directamente no se la relación que guarda mis variables, pero si busco identificar, y caracterizar las patologías en el pavimento rígido para la obtención del índice de condición del pavimento en el Jr. sucre, en donde adaptaremos y probaremos teorías en la caracterización de mi problema dependiendo mi información actual, pasada y mi posible solución.

4.1.2. Nivel de la investigación de la tesis.

4.1.2.1. Estudio descriptivo

Porque describe la situación actual de la vivencia del problema desde mi objetivo principal decido identificar y caracterizar las patologías en el pavimento rígido para la obtención del índice de condición del pavimento en el Jr. sucre con ello busco medir

y encontrar con la mayor precisión posible los datos para describir los hechos tal como son.

4.1.3. Método de la investigación.

4.1.3.1. Investigación cuantitativa.

Porque en mi investigación tengo el objetivo de identificar, y caracterizar los hechos tal como son con la mayor precisión posible.

4.2. Población y muestra.

4.2.1. Población.

Pavimentación rígida en el Jr. Sucre del distrito de Ayacucho.

4.2.2. Muestra.

100 losas de la pavimentación rígida en el Jr. Sucre del distrito de Ayacucho.

4.3. Definición y operacionalización de variables e indicadores.

Ver la Tabla 4.1.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos.

EXAMINAR Y DIAGNOSTICAR LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL JR. SUCRE, DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO - 2019.		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Variable independiente:</p> <p>Patologías presentes en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p>	<p>Anomalías sobre la superficie del pavimento como son los parches grandes y parches pequeños.</p> <p>Anomalías a los largo del pavimento rígido como grietas lineales y pulimento de agregados.</p> <p>Anomalías en el interior del pavimento como son las losas divididas.</p>	<p>Nivel de severidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de severidad Baja. - Nivel de severidad Media. - Nivel de severidad Alta. <p>Tipo de presencia de patologías en forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertical. - Horizontal. - Oblicuo. <p>Grado de afectación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Alta. -Media. -Baja.
<p>Variable dependiente:</p> <p>Índice de condición del pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho que muestra el estado superficial del pavimento rígido.</p>	<p>Nivel de condición del pavimento rígido del Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p>	<p>Rango de Calificación del PCI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100-85 (Excelente). - 85-70 (Muy buena). - 70-55 (Buena). - 55-40 (Regular). - 40-25 (Malo). - 25-10 (Muy malo). - 10-0 (Fallado).

Tabla 4.1: Matriz de operacionalización de variables.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.1. Técnicas de evaluación visual.

Se hará una primera inspección visual del lugar en estudio y las poblaciones que serán beneficiadas.

4.4.2. Cámara fotográfica.

Nos permitirá tomar imágenes de las anomalías presentadas en el pavimento.

4.4.3. Cuaderno para la toma de apuntes.

Para registrar las variables que afectan al estado del pavimento.

4.4.4. Planos de Planta.

Para constatar las dimensiones geométricas de las calles pavimentadas.

4.4.5. Wincha.

Para realizar las mediciones correspondientes de las características geométricas del pavimento.

4.4.6. Libros y/o manuales de referencia.

Para tener información acerca de la descripción, medición y relación del pavimento.

4.4.7. Equipos topográficos.

Los equipos topográficos utilizados fueron la estación total, teodolitos y niveles. Fueron utilizados para el realizar el levantamiento de las anomalías del pavimento rígido.

4.5. Plan de análisis.

El análisis de los datos se realizara haciendo uso de técnicas estadísticas descriptivas que permitan a través de indicadores cuantitativos y/o cualitativos la mejora significativa de la condición sanitaria. Para lo cual se cumplirá el siguiente plan de trabajo:

- Ubicación del área de estudio e inspección del pavimento, identificando el tipo y nivel de patologías existentes en la muestra a estudiar.
- Recolección de datos en el pavimento rígido, por inspección visual in situ y con ayuda del formato del manual de PCI, puesto que contiene los parámetros e información básica para evaluar e identificar los tipos y niveles de patología existentes en la unidad de muestra a evaluar.
- Trabajo de gabinete para determinar el estado actual del pavimento rígido, con el procedimiento del método PCI ya, establecido.
- Planos de localización del área de estudio, del pavimento rígido en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.
- Cuadros estadísticos, que contendrán los gráficos de análisis de la incidencia que tienen las patologías existentes y la condición global del pavimento en estudio.
- Resultados de la investigación, interpretación y recomendaciones del pavimento, también determinación del grado de daño y condición global.

4.6. Matriz de consistencia.

Ver la Tabla 4.2.

EXAMINAR Y DIAGNOSTICAR LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL JR. SUCRE, DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO - 2019.				
PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p>¿Cómo identificar, clasificar y cuantificar las patologías del pavimento rígido para la obtención del índice de condición del pavimento en el Jr. Sucre del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho – 2019?</p>	<p>Objetivo general: Identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p> <p>Objetivos específicos: 1. Identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho – 2019. 2. Caracterizar la patología predominante insitu en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga.</p>	<p>Es de necesidad identificar los diferentes tipos patológicos y caracterizar la patología predominante en la superficie de rodadura del Jr. Sucre por el método PCI, lo cual nos permitirá proponer el tipo de intervención en las vías en estudio. Además, conoceremos el tipo de patología predominante del tramo y las causas originadas, con la que se podrán corregir y prevenir los errores controlando el proceso constructivo en las pavimentaciones nuevas que se ejecutarán en este distrito.</p>	<p>Hipótesis general: Se podrá identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p> <p>Hipótesis específicas: 1. Se podrá identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho – 2019. 2. Se podrá caracterizar la patología predominante insitu en el pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga.</p>	<p>Tipo: El proyecto de investigación es del tipo exploratorio.</p> <p>Nivel: El proyecto de investigación es de nivel cualitativo.</p> <p>Enfoque: La investigación tiene un enfoque descriptivo.</p> <p>Diseño: Elaborar, buscar, analizar y diseñar los instrumentos para evaluar el estado del pavimento rígido en el Jr. Sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p> <p>Universo y muestra: El universo o población es indeterminada. La población constituye la pavimentación rígida del Jr. Sucre del distrito de Ayacucho.</p>

Tabla 4.2: Matriz de consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Principios éticos.

Para la realización del presente estudio materia de tesis se indago y se preparó bien el estudio del PCI, gracias a la información de intranet y la biblioteca virtual de la universidad lo cual se respaldando con las citas bibliográficas.

Este tipo de proyecto contribuye de manera esencial a la sociedad primero para las personas del sector de estudio, para la población de Ayacucho como así mismo para la municipalidad distrital de Ayacucho, presenta el mayor análisis obtenido con la moral y ética correspondiente hacia la sociedad que como ingenieros nos debemos desenvolver, proveer y dar a conocer la integridad, fidelidad de nuestra carrera como un impacto positivo.

Los análisis realizados pertenecen al autor y se deben respetar tal como es en los posibles guías para con otras materias de estudios e investigación mediante citas bibliográficas

Presenta un análisis simple y sencillo con lenguaje común y de fácil acceso y relación con el público, así mismo los profesionales pueden darle un visto bueno como guía o información relevante mas no apropiarse de la investigación realizada, respetando los derechos de autor, dignidad para ellos y para el autor.

V. Resultados.

5.1. Resultados.

Para la elaboración de las presentes tablas se tomó en cuenta pavimentación rígida ubicada en el jr. Sucre, donde se halló la densidad y con ello los valores reducidos, y se continuo a realizar la corrección del valor reducido y con el valor más alto de este se procedió a determinar el PCI.



INVENTARIO DE MUESTRA N° 02 EN EL JR. SUCRE

EXAMINAR Y DIAGNOSTICAR LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA LA OBTENCIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL JR. SUCRE, DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2017

UBICACIÓN:	Jr. Sucre	NIVEL DE USO:	Vehicular
DISTRITO:	Ayacucho	TOTAL DE LOSAS:	20
PROVINCIA:	Huamanga	UND. MUESTREO:	UM 02
DEPTO.:	Ayacucho	ASESOR:	Ing. Arístides Gonzalo VELIZ FLORES
AUTOR:	Percy SOCA JORGE	FECHA:	21/05/2019

TIPOS DE PATOLOGIAS EN EL PAVIMENTO RIGIDO

Nº	Daño	Nº	Daño	Nº	Daño
1	Blow Up/Buckling	8	Grieta Longitudinal, Transversal	15	Descascaramiento por agrietamiento
2	Grieta de esquina	9	Parqueo (Grande > 0,5 m2)	16	Grietas de Retracción
3	Losa dividida	10	Parqueo (Pequeño < 0,5 m2)	17	Descascaramiento de esquina
4	Escala	11	Pulimento de agregados	18	Descascaramiento de junta
5	grieta de durabilidad "D"	12	Bombeo		
6	Desnivel Carril/Berma	13	Punzonamiento		
7	Sello de junta	14	popouts		

CALCULO DE VALOR DE REDUCCION

Nº	Tipo de daño	Severidad	Incidencia (Nº de losas)	Densidad de falla (%)	Valor de Reduccion (VR)
2	Grieta de esquina	M	8	40.00	46.60
8	Grieta Longitudinal, Transversal	B	4	20.00	10.60
9	Parqueo (Grande > 0,5 m2)	B	6	30.00	11.90
11	Pulimento de agregados	M	18	90.00	9.30

CALCULO DE VALOR DE REDUCCION CORREGIDO

DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:

m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10). VAR = Valor individual más alto de VR

VAR= Valor individual más alto de VR

VR (más alto):	46.60	m=	6.06
----------------	-------	----	------

Nº	VALOR DE REDUCCIÓN				x	q	VCR	
1	46.60	11.90	10.60	9.30	2.00	80.40	4	47.22
2	46.60	11.90	10.60	2.00	2.00	73.10	3	46.98
3	46.60	11.90	2.00	2.00	2.00	64.50	2	48.93
4	46.60	2.00	2.00	2.00	2.00	54.60	1	54.60
							Max. CVR	54.60

CALCULO DEL PCI

$$PCI = 100 - \text{Maximo VCR}$$

$$PCI = 100 - 54.60$$

$$PCI = 45.40$$

RANGO DE CLASIFICACION DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

LETRAS	NÚMERO
Falla	0 -10
Muy Mala	10-25
Mala	25 -40
Regular	40 -55
Buena	55 -70
Muy Buena	70 -85
Excelente	85 -100

Se calculó el PCI, donde se verificó que el valor hallado corresponde según el rango de clasificación de la condición del pavimento a una condición **REGULAR**

Tabla 5.2: Cálculo del PCI muestra n° 02.

Fuente: Elaboración propia.



INVENTARIO DE MUESTRA N° 05 EN EL JR. SUCRE

EXAMINAR Y DIAGNOSTICAR LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA LA OBTENCIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL JR. SUCRE, DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, 2017

UBICACIÓN:	Jr. Sucre	NIVEL DE USO:	Vehicular
DISTRITO:	Ayacucho	TOTAL DE LOSAS:	20
PROVINCIA:	Huamanga	UND. MUESTRA:	UM 05
DEPTO.:	Ayacucho	ASCESOR:	Ing. Arístides Gonzalo VELIZ FLORES
AUTOR:	Percy SOCA JORGE	FECHA:	21/05/2019

TIPOS DE PATOLOGÍAS EN EL PAVIMENTO RIGIDO

Nº	Daño	Nº	Daño	Nº	Daño
1	Blow Up/Buckling	8	Grieta Longitudinal, Transversal	15	Descascaramiento por agrietamiento
2	Grieta de esquina	9	Parqueo (Grande > 0,5 m2)	16	Grietas de Retracción
3	Losa dividida	10	Parqueo (Pequeño < 0,5 m2)	17	Descascaramiento de esquina
4	Escala	11	Pulimento de agregados	18	Descascaramiento de junta
5	grieta de durabilidad "D"	12	Bombeo		
6	Desnivel Carril/Berma	13	Punzonamiento		
7	Sello de junta	14	popouts		

CALCULO DE VALOR DE REDUCCION

Nº	Tipo de daño	Severidad	Incidencia (Nº de losas)	Densidad de falla (%)	Valor de Reduccion (VR)
2	Grieta de esquina	A	6	30.00	52.10
8	Grieta Longitudinal, Transversal	B	5	25.00	12.80
9	Parqueo (Grande > 0,5 m2)	M	8	40.00	27.80
11	Pulimento de agregados	A	12	60.00	7.80

CALCULO DE VALOR DE REDUCCION CORREGIDO

DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:

m= Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10). VAR = Valor individual más alto de VR

VAR= Valor individual más alto de VR

VR (más alto): 52.10 m= 5.54

Nº	VALOR DE REDUCCIÓN					x	q	VRC
1	52.10	27.80	12.80	7.80	2.00	102.50	4	59.25
2	52.10	27.80	12.80	2.00	2.00	96.70	3	61.15
3	52.10	27.80	2.00	2.00	2.00	85.90	2	62.04
4	52.10	2.00	2.00	2.00	2.00	60.10	1	60.10
							Max. CVR	62.04

CALCULO DEL PCI

$$PCI = 100 - \text{Maximo VCR}$$

$$PCI = 100 - 62.04$$

$$PCI = 37.96$$

RANGO DE CLASIFICACION DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

LETRAS	NÚMERO
Falla	0 -10
Muy Mala	10-25
Mala	25 -40
Regular	40 -55
Buena	55 -70
Muy Buena	70 -85
Excelente	85 -100

Se calculó el PCI, donde se verificó que el valor hallado corresponde según el rango de clasificación de la condición del pavimento a una condición **MALA**

Tabla 5.5: Cálculo del PCI muestra n° 05.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Análisis de resultados.

En este proyecto se examinó y diagnosticó las patologías del pavimento rígido en el Jr. sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, mayo del 2019 donde se analizó 5 muestras de 20 losas cada una.

En la muestra 01 se encontró tres tipos de patologías:

- Grieta de esquina con severidad media y 40 % de densidad de falla.
- Pulimento de agregados con severidad media y 100 % de densidad de falla.
- Descascaramiento de junta con severidad baja y 45 % de densidad de falla.

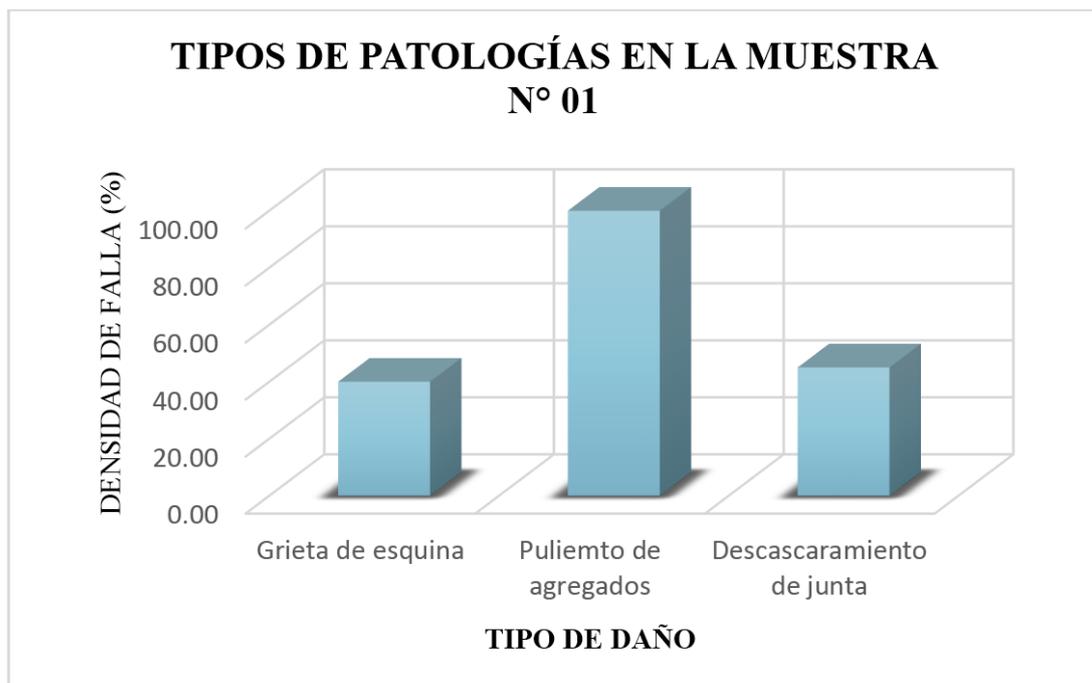


Tabla 5.6: Tipos de patologías de la muestra n° 01.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los respectivos cálculos se halló un PCI igual a 47.40 que constituye una condición de pavimento en estado regular.

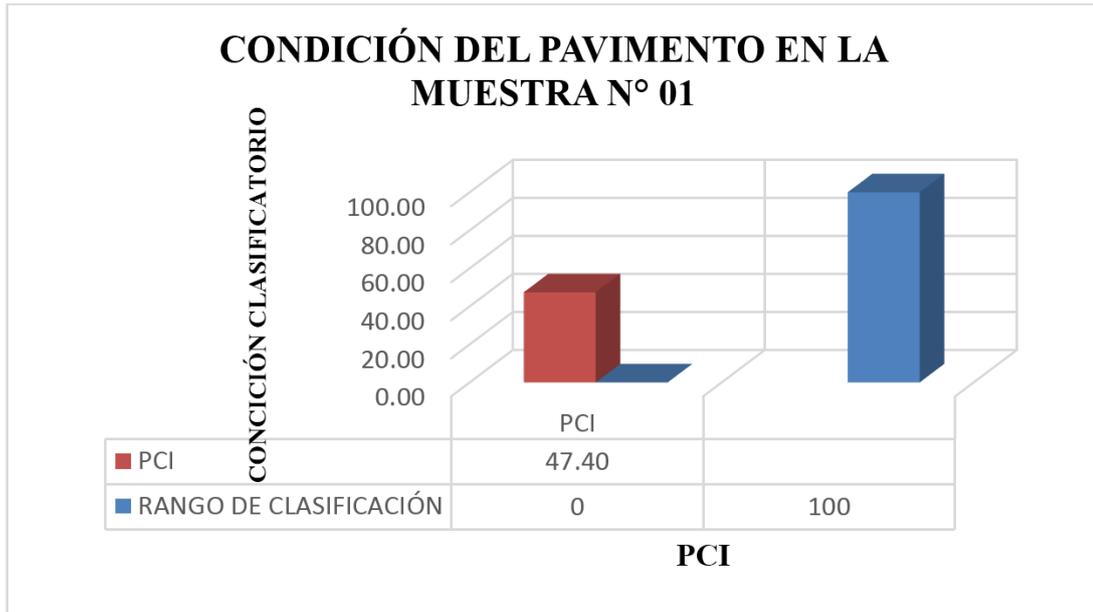


Tabla 5.7: Condición del pavimento de la muestra de la muestra n° 01.

Fuente: Elaboración propia.

En la muestra 02 se encontró cuatro tipos de patologías:

- Grieta de esquina con severidad media y 40 % de densidad de falla.
- Grieta longitudinal y transversal con severidad baja y 20 % de falla.
- Parcheo grande con severidad baja y 30 % de densidad de falla.
- Pulimento de agregados con severidad media y 90 % de densidad de falla.



Tabla 5.8: Tipos de patologías en la muestra n 02.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los respectivos cálculos se halló un PCI igual a 45.40 que Constituye una condición de pavimento en estado regular.

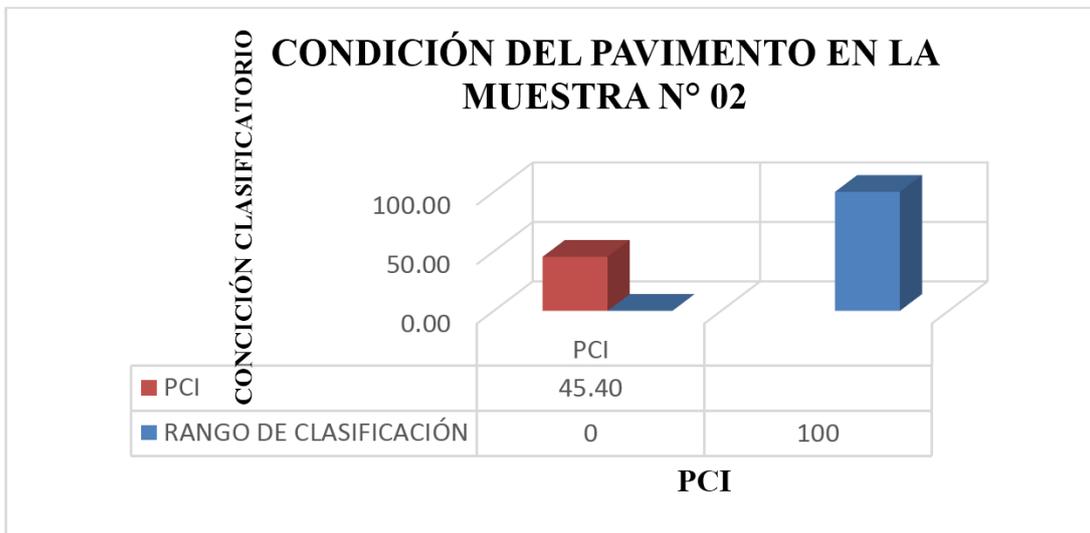


Tabla 5.9: Condición del pavimento en la muestra n 02.

Fuente: Elaboración propia.

En la muestra 03 se encontró cuatro tipos de patologías:Grieta longitudinal y transversal con severidad baja y 10 % de falla. Parcheo grande con severidad

media y 50 % de densidad de falla. Pulimento de agregados con severidad alta y 75 % de densidad de falla. Descascaramiento de junta con severidad media y 40 % de densidad de falla.

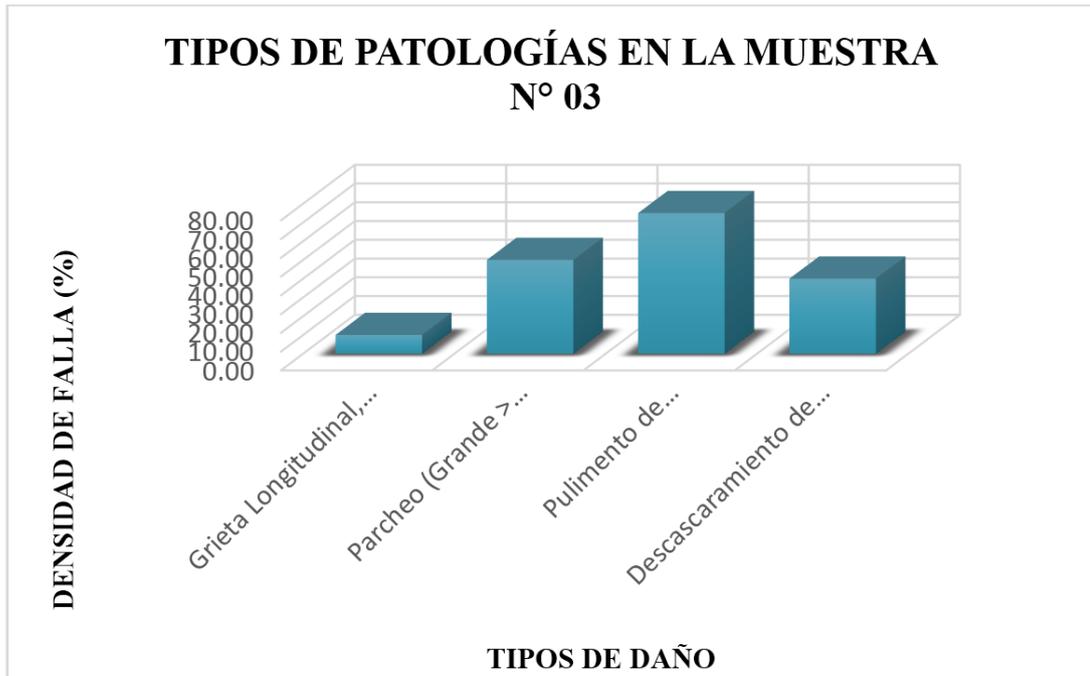


Tabla 5.10: Tipos de patologías en la muestra n 03.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los respectivos cálculos se halló un PCI igual a 57.29 que Constituye una condición de pavimento en estado buena.

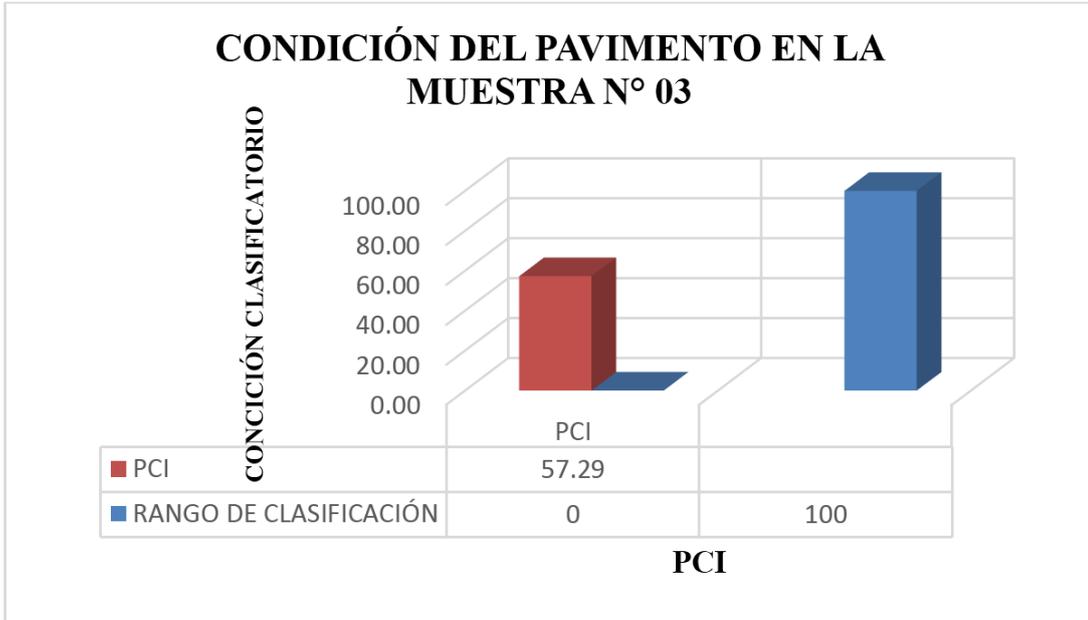


Tabla 5.11: Condición del pavimento en la muestra n 03.

Fuente: Elaboración propia.

En la muestra 04 se encontró tres tipos de patologías:

- Grieta longitudinal y transversal con severidad baja y 25 % de falla.
- Parcheo grande con severidad media y 60 % de densidad de falla.
- Pulimento de agregados con severidad media y 100 % de densidad de falla.

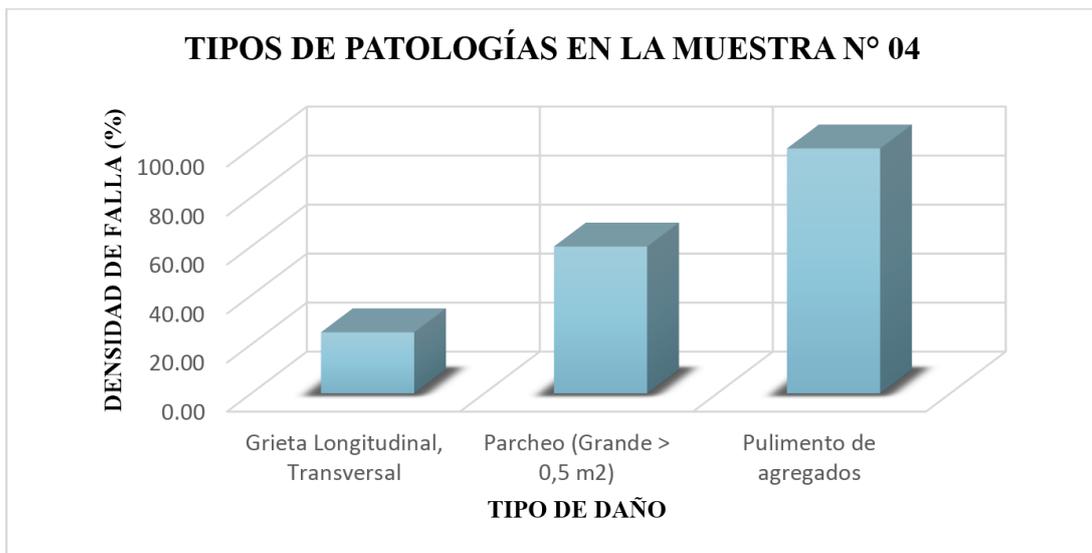


Tabla 5.12: Tipos de patologías en la muestra n 04.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los respectivos cálculos se halló un PCI igual a 56.80 que Constituye una condición de pavimento en estado buena.

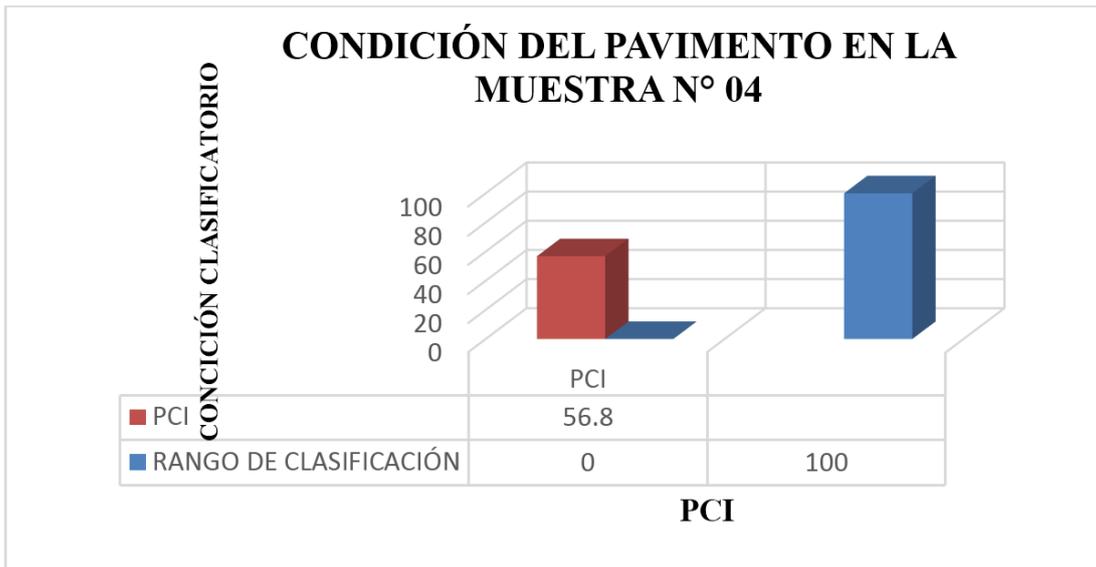


Tabla 5.13: Condición del pavimento en la muestra n 04.

Fuente: Elaboración propia.

En la muestra 05 se encontró cuatro tipos de patologías:

- Grieta de esquina con severidad alta y 30 % de densidad de falla.
- Grieta longitudinal y transversal con severidad baja y 25 % de falla.
- Parcheo grande con severidad media y 40 % de densidad de falla.
- Pulimento de agregados con severidad alta y 60 % de densidad de falla.

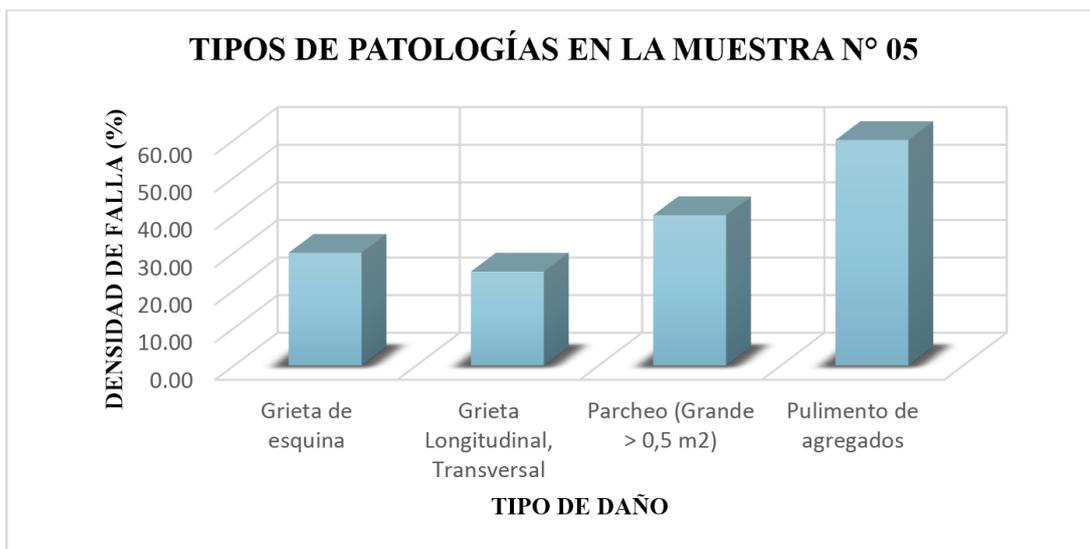


Tabla 5.14: Tipos de patologías en la muestra n 05.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los respectivos cálculos se halló un PCI igual a 37.96 que Constituye una condición de pavimento en estado muy mala.

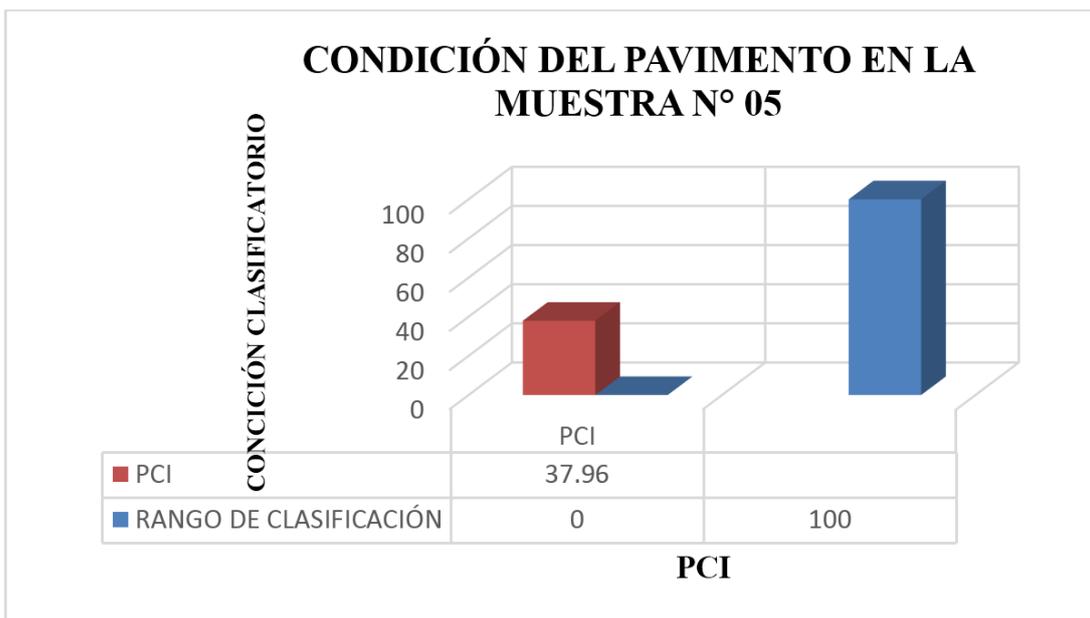


Tabla 5.15: Condición del Pavimento en la muestra n 05.

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación del estado de toda la avenida se saca un promedio de las 5 unidades de muestreo $(PCI1 + PCI2 + PCI3 + PCI4 + PCI5)/5 = (47,40 + 45,40 + 57,29 + 56,80 + 37,96)/5 = 48,97$, este valor nos menciona que el estado de

todo el jirón sucre se encuentra en una condición regular por ende se debe de remplazar algunas de las losas y hacer el mantenimiento correctivo en algunas losas.

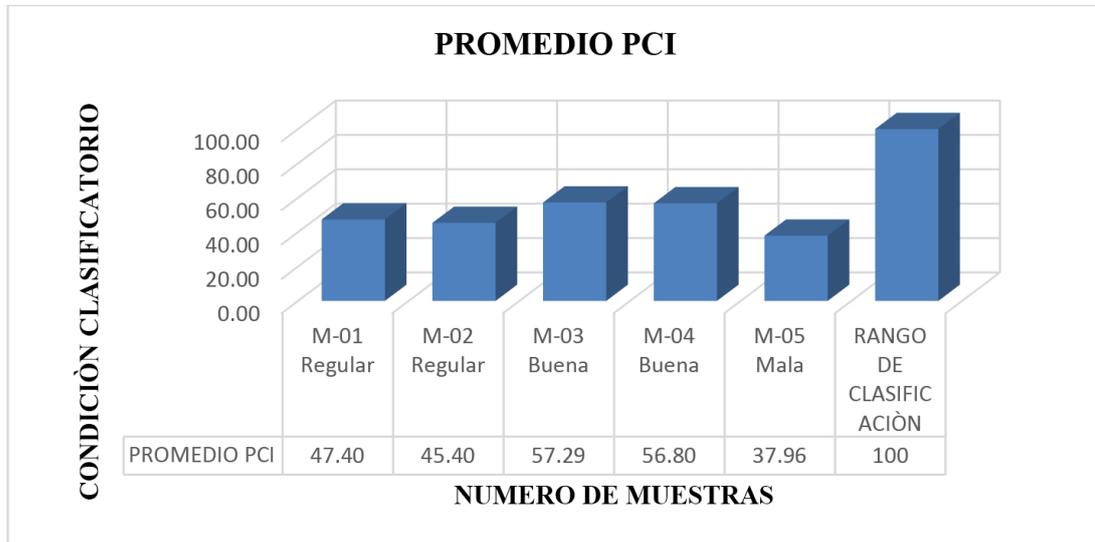


Tabla 5.16: Promedio del PCI de las unidades de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

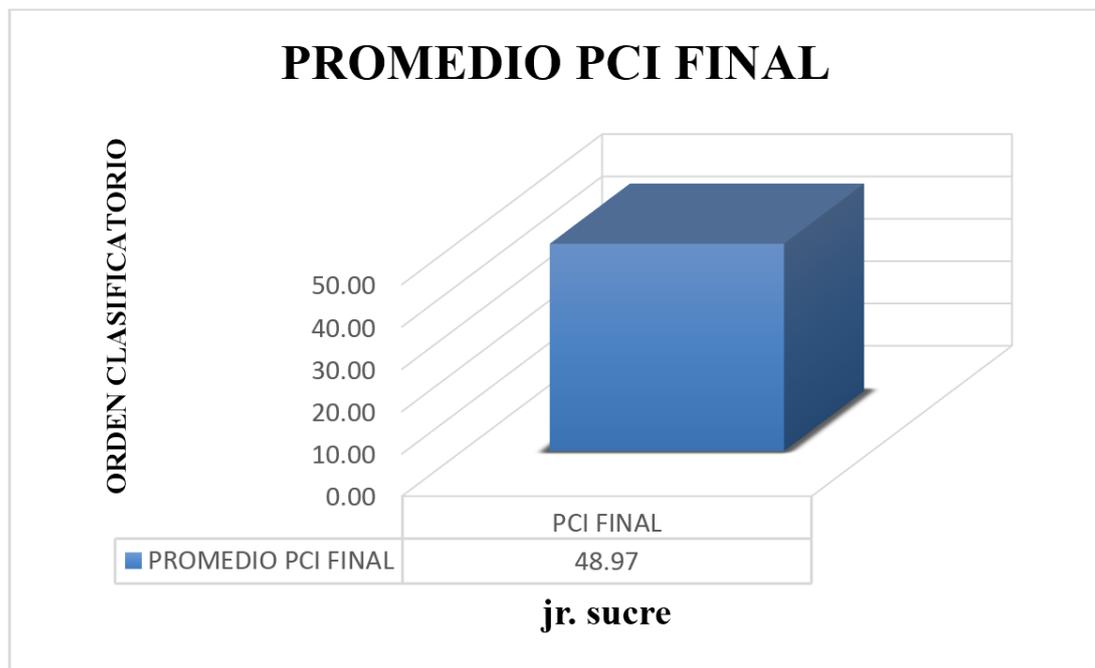


Tabla 5.17: Promedio final de PCI.

Fuente: Elaboración propia.

VI. Conclusiones.

- a) En el presente proyecto se logró examinar y diagnosticar las patologías del pavimento rígido en el jirón sucre, del distrito de Ayacucho, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho, mayo 2019 mediante 5 muestras con 20 losas cada una.
- b) En la muestra 01 se identificó las patologías de Grieta de esquina, Pulimento de agregados, Descascaramiento de junta, con un PCI igual a 47.40 de condición regular.
- c) En la muestra 02 se identificó las patologías de Grieta de esquina, grieta longitudinal y transversal, parcheo grande, Pulimento de agregados, con un PCI igual a 45.40 de condición regular.
- d) En la muestra 03 se identificó las patologías de grieta longitudinal y transversal, parcheo grande, Pulimento de agregados, Descascaramiento de junta, con un PCI igual a 57.29 de condición buena.
- e) En la muestra 04 se identificó las patologías de grieta longitudinal y transversal, parcheo grande, Pulimento de agregados, con un PCI igual a 56.80 de condición buena.
- f) En la muestra 05 se identificó las patologías de Grieta de esquina, grieta longitudinal y transversal, parcheo grande, Pulimento de agregados, con un PCI igual a 37.96 de condición mala.

g) Llegando a un punto de vista que el PCI promedio resulta 48.97 de condición regular, por ende se debe de remplazar algunas de las losas y hacer el mantenimiento correctivo de las losas del pavimento rígido en el jirón Sucre.

Aspectos complementarios.

- a) En la muestra 01 las patologías identificadas son solo de nivel medio lo que requiere solo de mantenimiento correctivo.
- b) En la muestra 02 se identificó que la patología más representativa es el pulimento de agregados de una severidad media.
- c) En la muestra 03 la presencia de la patología de pulimientos de agregados es la más representativa lo que hace una severidad alta
- d) En la muestra 04 la presencia de patologías es de severidad media con un PCI igual a 56.80 de condición buena.
- e) En la muestra 05 se identificó las patologías con un PCI igual a 37.96 de condición mala, en este tramo ya se necesita una intervención más que solo correctivo.
- f) En la identificación y caracterización de las patologías se debe mantener la objetividad y contemplar de saberes previos ya que gracias a ello podemos mencionar que el proceso a la identificación para la evaluación del proceso de mantenimiento debe ser como mínimo de 06 meses.

Bibliografía

- [1] RODRIGO MARQUEZ. Evaluacion de la condicion operacional del pavimento rigido, aplicando el metodo del pavement condition index (pci), en las veredas del barrio el triunfo, distrito de carhuaz, provincia de carhuaz, region ancash, diciembre 2015. *ULADECH*, 2015.
- [2] LEGUIA LOARTE. Evaluacion superficial del pavimento flexible por el metodo pavent condition index (pci) en las vias arteriales: Cincuentenario, colon y miguel grau (huacho- huaura-lima). *USMP*, 2016.
- [3] ESTRADA MANIHUARI. Determinacion y evaluacion de las patologias del concreto para obtener el indice de integridad estructural y condicion operacional de la superficie de la pista en la avenida tupac amaru, distrito de manantay, provincia de coronel portillo, depto ucayali. *ULADECH*, 2016.
- [4] LOPEZ HUAMAN. Determinacion y evaluacion de las patologias en el concreto de pavimentos rigidos, distrito san juan bautista provincia de huamanga – ayacuchos. *ULADECH*, 2014.
- [5] MARCO MONTALVO. Pavimentos rigidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. *PUCP*, 2015.
- [6] JOSE LLAVE. Los encofrados deslizantes en la construccion de silos de concreto armado en el peru. *PUCP*, 2016.
- [7] DANIEL ORREGO. Analisis tecnico-economico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. *PUCP*, 2014.
- [8] CARLOS ALMENARA. Aplicacion de telefonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en lima. *PUCP*, 2015.
- [9] AGNETH GUIZADO; ELVIS CURI. Evaluacion del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vias locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del peru. *PUCP*, 2017.
- [10] VASQUEZ PALMA. Implementacion de un sig para la administracion de pavimentos aeroportuarios a traves de la aplicacion de un indice de condicion de pavimentos. *UCV*, 2005.
- [11] REBOLLEDO VALDIVIA. Deterioros en pavimentos flexibles y rigidos. *UAC*, 2010.

- [12] LUIS MACEA; LUIS MORALES. Un sistema de gestion de pavimentos basado en nuevas tecnologas para paises en via de desarrollo. *UNAM*, 2016.
- [13] JUAN BOLANOS. Identificacion, diagnostico y remediacion de las patologias del pavimento flexible del jr. amalia puga y la av. de los heroes - ciudad de cajamarca - departamento de cajamarca. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA*, 2015.
- [14] ALONSO MONTEJO. *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, 2006.
- [15] RUTH LOPEZ. Determinacion y evaluacion de las patologias en el concreto de pavimentos rigidos, distrito san juan bautista provincia de huamanga - ayacucho. *UNH*, 2014.
- [16] RAFAEL OSUNA. Propuesta para la implementacion de un sistema de administracion de pavimentos para la red vial de la ciudad de mazatlan, sin. *UNAM*, 2008.
- [17] JOSE ABANTO. Los pavimentos en las vias terrestres: Calles, carreteras y autopistas. *UNC*, 2002.
- [18] JAIME AYLLON. Guia para el diseno de pavimentos de concreto asphaltico. 2004.
- [19] AURELIO SALAZAR. *GUIA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS*. MEXICO, 1998.
- [20] GERMAN VIVAR. *DISEÑO Y COSTRUCCION DE PAVIMENTOS*. UNI, 1995.
- [21] PAUL WRIGHT. *INGENIERIA DE CARRETERAS*. GRUPO NORIEGA, 1993.
- [22] CYRO NOGUEIRA. *DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. CHAPMAN & HALL, 1994.
- [23] AASHTO. *AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS*. AASHTO, 1993.
- [24] JOYCE SANCHEZ. Determinacion y evaluacion de patologias del concreto para obtener el indice de integridad estructural del pavimento y condicion operacional de la superficie de la pista en el jiron bolivar, distrito de calleria, provincia de coronel portillo, region ucajali, mayo –2017. *ULADECH*, 2017.

Anexo 1: Plano de Localización del proyecto.



Anexo 2: Fotos descriptivas.



Figura 01: *Jr. Sucre muestra n° 01 tipo de falla Grieta de esquina.*



Figura 02: *Jr. Sucre muestra n° 02 tipo de falla Pulimento de agregado.*



Figura 03: Jr. Sucre muestra n° 03 tipo de falla Parcheo grande.

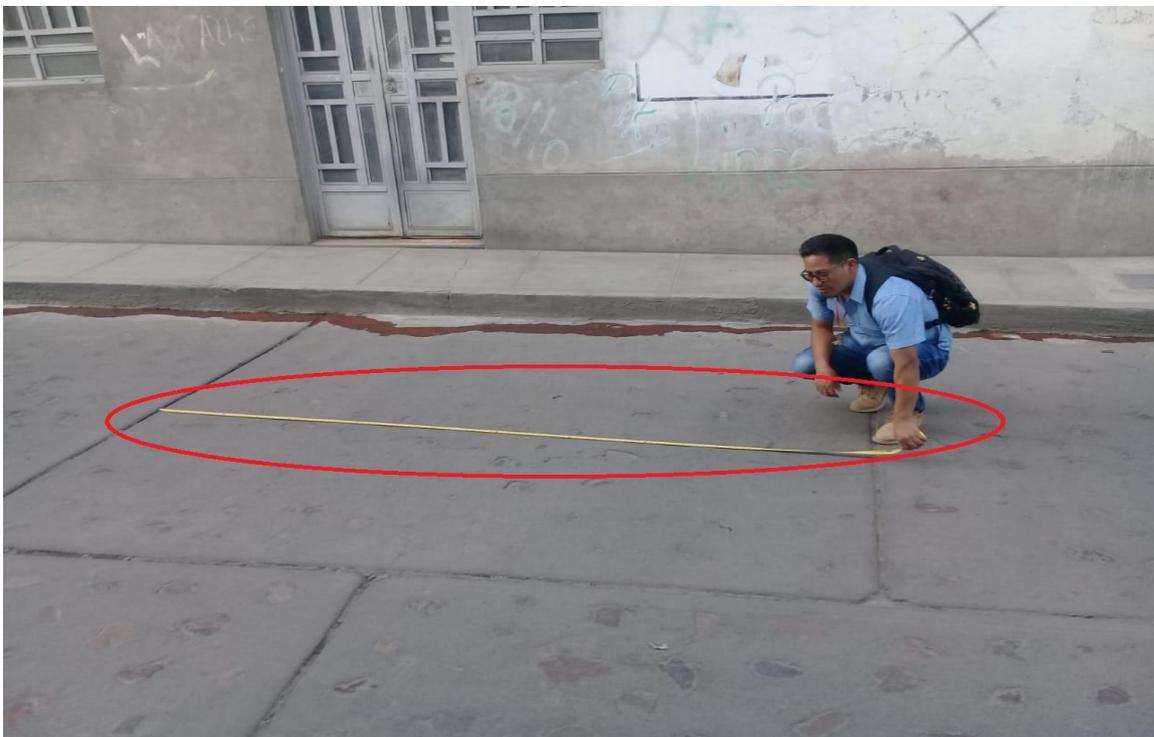


Figura 04: Jr. Sucre muestra n° 04 tipo de falla Grieta transversal.



Figura 05: Jr. Sucre muestra n° 05 tipo de falla descascamiento de junta.



Figura 06: Jr. Sucre muestra n° 05 tipo de falla Parcheo grande.

Anexo 3: Instrumentos de evaluación.

