

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA
METODOLOGÍA MTC, COMPARANDO LAS METODOLOGÍAS
VIZIR Y PCI EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. RAMOS ORTIZ, JORGE

ASESOR: Mg. Ing. AREVALO LAY, VICTOR ELEUTERIO
LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, que me han ayudado desde siempre y me han guiado para lograr mis metas y objetivos propuestos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que gracias a él tengo una familia que me ha ayudado en mis estudios y me han enseñado los valores de la vida.

A mis asesores de tesis, por su gran esfuerzo y paciencia para ayudarme en la medida de lo posible a culminar esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Delimitación de la investigación.....	2
1.3.1. Delimitación espacial	2
1.3.2. Delimitación temporal.....	3
1.3.3. Delimitación temática	3
1.4. Importancia y justificación del estudio	3
1.4.1. Importancia del estudio	3
1.4.2. Justificación del estudio	3
1.5. Limitaciones del estudio	4
1.6. Objetivos	4
1.6.1. Objetivo General	4
1.6.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	5
2.1. Marco histórico	5
2.2. Investigación relacionada con el tema	5
2.2.1. Investigaciones Internacionales	5
2.2.2. Investigaciones Nacionales.....	7
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	9
2.3.1. Definición de pavimento.....	9

2.3.2. Pavimento Flexible	11
2.3.3. Metodología VIZIR.....	18
2.3.4. Metodología del Ministerio de Transporte (MTC)	23
2.3.5. Metodología PCI.....	27
2.4. Definición de términos básicos.....	31
CAPÍTULO III: HIPOTESIS.....	33
3.1. Hipótesis Principal.....	33
3.2. Hipótesis Secundarias.....	33
3.2.1 Hipótesis secundaria 1.....	33
3.2.1 Hipótesis secundaria 2.....	33
CAPÍTULO VI: METODOLOGIA.....	34
4.1. Tipo y método de investigación.....	34
4.2. Población de estudio.....	34
4.3. Diseño muestral	34
4.4. Relación entre variables.....	34
4.4.1. Operacionalización de variables dependiente.....	34
4.4.2. Operacionalización de variables independientes	35
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
4.6. Procedimientos para la recolección de datos	36
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	37
5.1. Método VIZIR.....	37
5.2. Método MTC.....	41
5.3. Método PCI.....	43
5.4. Comparación.....	55
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	73

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura N°1: Estructura del Pavimento flexible	11
Figura N°2: Causas que originan los deterioros.....	17
Figura N°3: Causas que originan los deterioros.....	22
Gráfico N°1: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite - Subida.....	44
Gráfico N°2: Método PCI, Ventanilla Alta - Subida	46
Gráfico N°3: Método PCI, Lomas de Ventanilla – Subida.....	48
Gráfico N°4: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite - Bajada.....	50
Gráfico N°5: Método PCI, Ventanilla Alta - Bajada	52
Gráfico N°6: Método PCI, Las Lomas de Ventanilla - Bajada	54
Gráfico N°7: Método VIZIR, Urb. Ciudad Satélite - Subida	56
Gráfico N°8: Método MTC, Urb. Ciudad Satélite – Subida.....	57
Gráfico N°9: MTC vs VIZIR AV. Pedro Beltrán - Subida	59
Gráfico N°10: MTC vs VIZIR AV. Pedro Beltrán – Bajada.....	59

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

Cuadro N°1: Niveles de Gravedad de los deterioros tipo A	20
Cuadro N°2: Niveles de Gravedad de los deterioros tipo B.....	20
Cuadro N°3: Clasificación del estado de superficie del pavimento	23
Cuadro N°4: Niveles de Servicios para: Calzadas (Tratamiento Superficial).	24
Cuadro N°5: Calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 200m de carreteras con pavimento flexible.	25
Cuadro N°6: Ancho de influencia de fisuras.....	26
Cuadro N°7: Tipos de Condición según calificación de condición	26
Cuadro N°8: Tipos de conservación según condición de calificación	27
Cuadro N°9: Rangos y Calificación del método PCI.....	28
Cuadro N°10: Escala de calificación del PCI.	28
Cuadro N°11: Niveles de severidad de los deterioros – PCI	31
Cuadro N°12: Operacionalización de variable dependiente.	34
Cuadro N°13: Operacionalización de variable dependiente.	35
Cuadro N°14: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Satélite subida.....	37
Cuadro N°15: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Satélite Bajada.....	38
Cuadro N°16: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Ventanilla Alta - Subida. .	38
Cuadro N°17: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Ventanilla Alta - Bajada. .	39
Cuadro N°18: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Lomas de Ventanilla - Subida.	39
Cuadro N°19: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Lomas de Ventanilla - Bajada.	40
Cuadro N°20: Rangos y calificación del método VIZIR.	41
Cuadro N°21: Metodo MTC, Av. Pedro Beltran - Subida.....	41
Cuadro N°22: Método MTC, Av. Pedro Beltran - Bajada.....	42
Cuadro N°23: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite – Subida.....	43

Cuadro N°24: Método PCI, Ventanilla Alta - Subida	45
Cuadro N°25: Método PCI, Lomas de Ventanilla – Subida	47
Cuadro N°26: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite - Bajada	49
Cuadro N°27: Método PCI, Ventanilla Alta - Bajada	51
Cuadro N°28: Método PCI, Las Lomas de Ventanilla - Bajada	52
Cuadro N°29: Rangos y calificación del método VIZIR.	54
Cuadro N°30: Rangos y Calificación de los métodos PCI, VIZIR y MTC.	55
Cuadro N°31: Comparación de calificación entre los métodos PCI, VIZIR y MTC.	58
Cuadro N°32: Comparación método VIZIR y PCI con prueba de Chi Cuadrado.	60
Cuadro N°33: Calificación del método VIZIR en la Av. Pedro Beltran.	61
Cuadro N°34: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.	61
Cuadro N°35: Distribución Chi Cuadrado X^2	62
Cuadro N°36: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.	63
Cuadro N°37: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.	63
Cuadro N°38: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.	65
Cuadro N°39: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.	66
Cuadro N°40: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.	67
Cuadro N°41: Diferencias y similitudes entre los métodos VIZIR, MTC y PCI.	70

RESUMEN

En la presente tesis se pretende validar y sustentar la metodología MTC, al compararla con los métodos PCI y VIZIR, que ya tienen validez y son usadas en varios otros países, para compararlo con estos métodos se utilizaron investigaciones pasadas, las cuales nos brindan material de estudio para nuestra comparación.

Las carreteras, tanto del Perú como del mundo, facilita la condición de vida, genera trabajo, y ayuda en la comunicación entre las ciudades o pueblos, la importancia de las carreteras es algo que se debe tomar más en cuenta al momento de calificar el estado y la condición de estas.

Se tomarán investigaciones pasadas como referencia, de las cuales se analizarán los tramos por cada unidad de muestra, las fallas consideradas, los índices de condición, y para conocer la validez y la similitud en los resultados entre cada método, se usa la prueba del chi cuadrado para dar validez nuestra hipótesis alterna y rechazar nuestra hipótesis nula, o viceversa, para cumplir con el objetivo de validar la metodología MTC.

Finalmente, se demuestra estadísticamente que el método MTC al compararlo con los métodos VIZIR y PCI, no es confiable por la serie de resultados en los tramos analizados, y se puede concluir que el método PCI presenta resultados más cercanos a la realidad visual del estudio analizado.

Palabras Clave: Índice de condición, pavimento flexible, unidad de muestra, fallas funcionales, fallas estructurales.

ABSTRACT

In this thesis it is intended to validate and support the MTC methodology, when comparing it with the PCI and VIZIR methods, which are already valid and are used in several other countries, to compare it with these methods, past investigations were used, which provide us with material from study for our comparison.

Roads, both in Peru and in the world, facilitate living conditions, generate work, and help in communication between cities or towns, the importance of roads is something that should be taken into account more when qualifying the state and their condition.

Past research will be taken as a reference, of which the sections for each sample unit, the faults considered, the condition indices will be analyzed, and to know the validity and the similarity in the results between each method, the chi test is used. square to validate our alternate hypothesis and reject our null hypothesis, or vice versa, to meet the objective of validity of the MTC methodology.

Finally, it is statistically demonstrated that the MTC method, when compared with the VIZIR and PCI methods, is not reliable due to the series of results in the analyzed sections, and it can be concluded that the PCI method presents results closer to the visual reality of the analyzed study.

Keywords: Condition index, flexible pavement, sample unit, functional failures, structural failures.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis busca comparar los métodos del pavimento asfáltico con los métodos del PCI y VIZIR con el método MTC, para validar los resultados de este último y llegar a reemplazar o utilizarlo como un método que puede compararse en resultados como los 2 otros métodos, se analizarán las unidades de muestra, los índices de condición, las fallas consideradas en cada tramo, y se compararán los resultados de cada tramo y con cada método para demostrar la validez o nulidad del método MTC.

En el capítulo I se muestra el problema por el que se realiza la presente tesis, en la que se formulan interrogantes para llegar al objetivo de la investigación, también se presentan las delimitaciones de la presente investigación.

En el capítulo II se presenta el marco teórico, donde se definen los términos usados en pavimentos, para una mejor comprensión de los términos de esta investigación. Se describe la metodología Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR), Índice de condición del Pavimento (PCI) y Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

En el capítulo III se presentan las hipótesis que se serán validadas o rechazadas con la prueba del chi cuadrado en el momento de las análisis y comparaciones.

En el capítulo IV se muestra la metodología que se usará para las comparaciones y análisis de cada método, y poder empezar con el desarrollo del análisis y las validaciones o rechazos de las hipótesis.

En el capítulo V se hacen los análisis de cada método y luego las comparaciones, en estas se pueden apreciar los resultados de cada método y los detalles que llevan a resultados diferentes o parecidos, los cuales nos ayudarán al momento de la contrastación de hipótesis.

Finalmente se termina con las conclusiones y resultados de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

La aplicación de pavimento flexible en las carreteras y vías de acceso de transporte, ha tenido un impacto positivo dado sus múltiples beneficios a nivel internacional, ya sea: rapidez de construcción, seguridad, bajo costo y confort del pasajero en el transcurso del viaje. Pero, la cantidad de deformaciones y fisuras en los pavimentos ha ido incrementando por el desarrollo de la industria automotriz en el aspecto de las cargas de los vehículos pesados en los últimos años. Además, la descentralización comercial y energética de los países ha promovido el incremento del tránsito vehicular en zonas donde no existía un flujo de vehículo constante (Enríquez, 2015).

Todas esas variables, han provocado que los diseños de las estructuras viales sean evaluados para su mantenimiento, conservación y rehabilitación. Es por tal motivo, que la metodología VIZIR y PCI se han convertido en estándares para determinar la conservación de la superficie de los pavimentos flexibles, permitiendo extender el tiempo de vida de los proyectos de construcción civil. En la zona de Latinoamérica estos estándares de conservación son de mayor importancia, donde las calles sufren de baches y ahuellamientos a lo largo del trayecto vial (Murga y Zerpa, 2019).

La falta de mantenimiento a las vías principales del Perú ha provocado deformaciones, degradaciones en los trayectos y fisuras, siendo un total de 9600 km de carretera sin un correcto programa de mantenimiento en los últimos años. Estas vías son: la carretera panamericana, la carretera longitudinal de la sierra y la longitudinal de la selva. Estas han sido construidas bajo una estructura de pavimento flexible, al igual que las vías de penetración de la zona nacional, y al igual que las líneas principales, la falta de mantenimiento a afectado su transpirabilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC 2013).

La problemática de carreteras y avenidas pavimentadas en el Perú son perjudicadas por el escaso cuidado que estas obtienen, causando problemas en el transporte, que

perjudican las zonas urbanas, causando elevados valores logísticos en la actividad económica. En la presente investigación se realizará la comparación de las metodologías extranjeras y metodología nacional, debido que en Perú las metodologías extranjeras tienen una mayor influencia sobre nuestra norma nacional.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el grado de confiabilidad de la metodología de la evaluación de pavimentos flexibles del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), comparándola con las metodologías de Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR) e Índice de condición del Pavimento (PCI), para validar el método MTC?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento del método Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR)?
- b) ¿Cuáles son los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento del método Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)?
- c) 3. ¿Cuáles son los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento del método Índice de condición del Pavimento (PCI)?
- d) ¿Cómo se determinará la confiabilidad de la metodología MTC en la evaluación de pavimentos flexibles?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Delimitación espacial

La presente tesis tendrá como delimitación espacial, el territorio peruano, por la razón de que las investigaciones que serán consideradas son de diversas partes del

país, para analizar los diversos factores que afectan a los resultados de esas investigaciones dependiendo del lugar en el que hayan sido estudiadas.

1.3.2. Delimitación temporal

Esta tesis recolecta investigaciones realizadas entre los años 2015 – 2021, siendo esta también la delimitación temporal.

1.3.3. Delimitación temática

Carreteras o caminos con pavimento flexible sometidos a una evaluación de la condición del pavimento por las metodologías MTC, VIZIR y PCI, dentro del territorio peruano, para comparar los diversos factores que llevan a resultados diferentes al usar estos 3 métodos.

1.4. Importancia y justificación del estudio

1.4.1. Importancia del estudio

Se conoce que es indispensable la necesidad de una infraestructura vial de calidad, por ello debemos tomar las previsiones y correcciones necesarias en la conservación y mantenimiento de vías. El presente proyecto, está dirigido plantear el método más óptimo para la evaluación de vías e incentivar el mantenimiento de los pavimentos flexibles, planteando alternativas de solución en las fallas encontradas y mejorar la transitabilidad, nivel de serviciabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios locales, nacionales e Internacionales.

Estos datos recopilados serán material de gran importancia a la hora de elaborar planes de conservación vial y que nos dejen indicios certeros para detectar a tiempo los daños, que, si los dejamos evolucionar, en el futuro resultaría más costosa su reparación.

1.4.2. Justificación del estudio

A lo largo de los últimos años, se han hecho varios estudios e investigaciones comparando los métodos MTC, VIZIR y PCI, resaltando en estas investigaciones que el método PCI es más completo por el número de fallas que estudia y el rango de calificación que presenta, aproximándose mejor al resultado real de las vías estudiadas o a intervenir. Lo que se busca en esta tesis es validar la metodología

MTC, comparándola con las metodologías VIZIR y PCI, y estudiando las condiciones en las que se compararon estos métodos en investigaciones pasadas para demostrar que este método puede darnos un resultado más preciso que el método PCI.

1.5. Limitaciones del estudio

El presente estudio se realizará de manera bibliográfica (investigaciones, pappers, tesis y artículos) de los años 2015 al 2020.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la confiabilidad de la metodología del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en la evaluación superficial de pavimentos flexibles, comparando con las metodologías Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR) e Índice de condición del Pavimento (PCI), año 2021

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Analizar los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento de la metodología Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR)
- b) Analizar los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento de la metodología del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
- c) Analizar los parámetros de evaluación superficial en pavimentos flexibles y el procedimiento de la metodología Índice de condición del Pavimento (PCI).
- d) Comparar la metodología MTC con las metodologías VIZIR Y PCI en la evaluación de pavimentos flexibles, para la determinación la confiabilidad de la metodología MTC.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Marco histórico

Juan Artemio Choque Palacios, en su tesis “Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo Emp.pe-3s - atuncolla, 2017”; tiene como objetivo evaluar y comparar la aplicación de los métodos PCI y el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC en la carretera Emp. PE-3S (DV.Atuncolla) –Atuncolla del año 2017. Partiendo con la hipótesis siguiente, El método del PCI es la más eficiente al evaluar y comparar la aplicación de los métodos PCI y el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC en la carretera Emp. PE-3S (DV.Atuncolla)- Atuncolla.

Medina, de la Cruz (2015); en su tesis “Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Jr. José Gálvez del Distrito de Lince Aplicando el Método del PCI”; Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú; En sus objetivos plantea determinar el índice de condición del pavimento, con la cual se podrá determinar si la vía esta apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

Mori Grandez, David Jhonatan (2018); en su tesis “Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfaltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla”; tiene como objetivo Investigar las metodologías del manual de Mantenimiento o Conservación Vial del MTC y del manual del Pavement Condition Index (PCI) para determinar el índice de condición en los pavimentos asfalticos de la Av. Pedro Beltrán con el fin de elegir un manual que sea de aplicación sencilla para la inspección visual de los pavimentos asfalticos y así lograr alcanzar un estándar ideal.

2.2. Investigación relacionada con el tema

2.2.1. Investigaciones Internacionales

Rojas y Amaya (2017) “Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá”. El objetivo es realizar una caracterización de los tipos y niveles de incidencia de las

fallas presentes en la estructura del pavimento, el método utilizado fue una investigación descriptiva no experimental y llegó a la conclusión que en los datos de las patologías encontradas, las que tuvieron un mayor impacto en la vía y que representan un mayor peligro para la misma son los hundimientos y ahuellamientos debido a la profundidad que poseen, con la finalidad de comprobar cuáles de estas metodologías se adapta deseablemente a la condición original del asfalto y el estado en el que se encuentran actualmente las ciclo rutas en la zona en la cual se realizará la investigación, el método utilizado fue una investigación descriptiva no experimental y llegó a la conclusión que el estado actual del tramo analizado es regular de acuerdo con la información recopilada y el método aplicado.

Curipoma (2016) “Evaluación de la condición superficial del pavimento flexible por la normativa ecuatoriana NEVI 2012”. Trabajo se adapta deseablemente a la condición original del asfalto y el estado en el que se encuentran actualmente las ciclo rutas en la zona en la cual se realizará la investigación, el método utilizado fue una investigación descriptiva no experimental y llegó a la conclusión que el estado actual del tramo analizado es regular de acuerdo con la información recopilada y el método aplicado. El aporte de esta tesis nos permitió conocer que existen muchas maneras de medir la condición superficial del pavimento flexible, aparte de las que se usaron en esta tesis que fueron PCI y VIZIR de este modo amplía la gama de métodos para poder tener en cuenta en una auscultación del pavimento flexible.

Sierra Diaz (2016) “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR01+020 de la vía al llano (DG 78 bis sur – calle 84 sur) en la Upz yomasa”. Universidad Católica de Colombia. Tiene como objetivo comparar los resultados de la evaluación del pavimento correspondientes a las metodologías VIZIR Y PCI en función de los indicadores que se generen. Concluyendo que la metodología PCI inspecciona y evalúa todos los tipos de daños, fallos o deterioros que puede padecer el pavimento, mientras que la metodología VIZIR evalúa con más

rigurosidad los daños estructurales que son catalogados por esta como daños tipo A (piel de cocodrilo, ahuellamientos, grietas longitudinales y parches) y no tiene en cuenta los daños funcionales catalogados como daños tipo B. y recomendando que para vías con capa de rodadura rígida se recomienda la aplicación de la metodología americana PCI, esta comprende todos los tipos de daños y es aplicada en nuestro país desde hace ya varios años con muy buenos resultados a la hora de realizar la evaluación de la condición del pavimento, la metodología más compleja y difícil es la PCI, debido a sus rangos de clasificación los cuales van desde 0 que quiere decir que se tiene una superficie de pavimento con fallas o con deficiencias, hasta 100 que interpreta a un pavimento en óptimas condiciones, sus cálculos para determinar la clasificación de los daños son más complejos y detallados lo que hace que se tenga mayor demora en su análisis y evaluación.

2.2.2. Investigaciones Nacionales.

Choque Palacios, Juan Artemio (2017), en su tesis titulada “Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo emp.PE3S -- Atuncolla, 2017”; concluye que en la vía evaluada EMP. pe-3s (Dv. Atuncolla)-Atuncolla de acuerdo con los cálculos realizados, los datos obtenidos y la evaluación de las condiciones del pavimento para las metodologías PCI, se obtuvo como resultado las calificaciones de malo con tendencia a muy malo, mientras que en el Manual de carreteras-mantenimiento o conservación vial del MTC se obtuvo un valor total deducido de 29, de deterioro superficial regular y con tendencia a bueno que dio como resultado un valor numérico de condición del pavimento de 789 muy cerca al intervalo 800-100 que es la escala de un pavimento bueno.

Teniendo estos resultados la desventaja que tiene el Manual del MTC es en los niveles de gravedad, donde el castigo es muy flexible y no tiene un nivel de puntaje para cada nivel de gravedad(Gravedad 1,Gravedad 2,Gravedad 3),ya que al calcular con Gravedad 1,gravedad 2 y con gravedad 3 ,el resultado de la extensión promedio ponderado es el mismo, otra desventaja es que evalúa la vía cada 200m sin especificar el área máximo, ya que la calzada puede tener un ancho 5,6,7m, que

para el evaluador es muy extenso, complicado y el resultado no es fiable ,y otro punto que se observó es que la evaluación es de toda la vía que implica más costo y tiempo, en cambio el método PCI evalúa la mayoría de los daños que se pueda presentar en el pavimento flexible, envuelve 19 tipos de daños y posee siete escalas para evaluar la condición del pavimento y sus cálculos para determinar la clasificación de los daños son más completos y detallados por niveles de severidad de daño, lo que hace que tome más tiempo en su análisis y evaluación en la muestra, además es un método de evaluación de condición superficial de pavimentos más difundido en el Perú y otros países.

Medina, de la Cruz (2015); en su tesis” Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Jr. José Gálvez del Distrito de Lince Aplicando el Método del PCI”; Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú; Concluye que la vía evaluada, con el método PCI es “Regular” y que está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios, las fallas más comunes encontradas son: Piel de Cocodrilo, fisuras en bloque, fisura longitudinal y transversal, parches, agregado pulido, baches ahuellamiento, peladuras por interperismo y desprendimiento de agregados.

Mori Grandez, David Jhonatan (2018); en su tesis “Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla”; concluye que el manual del PCI es de uso más práctico y sencillo para evaluar las fallas en un pavimento asfáltico, comparado con el manual de mantenimiento o conservación vial del MTC debido al uso del software Unal PCIA y al uso práctico del manual. El manual del PCI detalla con mayor precisión la condición de las muestras debido a que en algunas ha calificado en condición de Malas, Muy Malas y Regular mientras que el manual del MTC lo califica todos los tramos de Bueno, esto se debe a que el área de evaluación del manual del PCI es más pequeña que la del MTC, ya que el manual del PCI evalúa tramos de 36.6 metros lineales debido a un ancho de calzada de 6.3 metros, mientras que el manual del mantenimiento o conservación vial del MTC evalúa tramos de 200 metros para cualquier ancho de

calzada, es por ello que las fallas no representan mucho para el caso del manual del MTC.

Bullon, Kenneth (2018), en su tesis “Análisis comparativo de las metodologías PCI y VIZIR en la evaluación superficial del pavimento flexible, Lima – 2018” Determinó las diferencias existentes entre las metodologías PCI y VIZIR, llegando a la conclusión que el PCI considera todas las fallas existentes en el pavimento, mientras que el VIZIR solo reflexiona las fallas del TIPO A (fallas estructurales) y no toma en cuenta las del TIPO B que en este caso son fallas superficiales. Por otro lado, el PCI tiene un rango de calificación de 0 a 100 considerando 7 niveles; mientras que el VIZIR solo considera 3 niveles y su rango de calificación es de 0 a 7. Lo cual se pudo determinar en los resultados distintos que nos dio como resultado cada una de las metodologías y en especial al no considerar las fallas del tipo B por el procedimiento VIZIR, otra diferencia es que el VIZIR es de fácil aplicación mientras que el PCI es más complejo y trabajoso.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Definición de pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

Función de un pavimento: Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.

En un camino no pavimentado, las condiciones de funcionamiento son precarias, lo que genera limitaciones en las velocidades y las cargas de los vehículos, también se elevan los costos operacionales (mantenimiento y combustible). La utilización de un camino de tierra depende de las condiciones climáticas y de un drenaje satisfactorio. En un camino con revestimiento primario (cascajo o un suelo pedregoso arenoso), las condiciones climáticas pueden ser menos importantes, pero si un drenaje eficaz. (Universidad Mayor de San Simón facultad de ciencias y tecnologías, 2019).

Carpeta o capa de rodadura: Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento. Puede estar compuesta por uno o varias capas asfálticas.

Base: Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa de Superficial y es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de forma adecuada a la sub-base y a la subrasante. En general, se compone de agregados (ya sea estabilizado o sin estabilizar).

Capa sub-base: Se considera una capa netamente económica, debido a que el contenido de sus materiales es muy asequibles y económicos. Tiene la función de actuar como capa de transición entre la base y la subrasante, puesto que impide la penetración de materiales finos de la subrasante así, como la ascensión capilar. (Contributors, 2019).

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto, la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

Mayor drenabilidad: Las mezclas asfálticas de granulometría abierta proporcionan una drenabilidad mayor al permitir el desalojo del agua transversalmente sobre la macro textura superficial que presentan, reduciendo el hidropelaje y la proyección de agua. (Vise, 2019).

2.3.2. Pavimento Flexible

Están formados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre capas granulares, generalmente subbase y base, se caracterizan por que admiten grandes deformaciones sin rotura bajo la aplicación de la carga, la cual transmite los esfuerzos a la subrasante mediante un mecanismo de disipación de tensiones, las cuales disminuyen con la profundidad. (Cruz, C., Palacios, E.,2012)

Los pavimentos flexibles, son aquellos que se caracterizan por contar con una carpeta de rodadura, en donde el concreto de cemento asfáltico, cuenta con haber sido apoyado, en dos capas de forma rígida, las cuales se han encontrado definidas por la base y la sub base. Además de lo señalado, Amaya y Rojas (2017) exponen que, dentro de la estructura del pavimento, se puede prescindir de la consideración de la sub base con la base, de acuerdo a los requerimientos del pavimento, en donde la alta flexibilidad del mismo, expone la necesidad de que la carpeta superficial, la carga de tránsito, puedan llegar a ser relativamente concentradas en un punto determinado (Amaya y Rojas, 2017). En base a lo expresado, la sub rasante, puede ser, por ende, aquella capa que se debe de enfocar directamente en ofrecer soporte de cargas impuestas, de igual forma, con todas aquellas capas que se encuentran diseñadas y construidas sobre esta. Además de ello, se puede llegar a la conclusión que la carpeta de asfalto, no cuenta con la posibilidad de absorber la totalidad de la carga alcanzada, sino que se llega a requerir de una mayor cantidad de capas, distribuidas de forma intermedia, con la finalidad de que la carpeta de rodadura y la sub rasante, cuenten con la posibilidad de ofrecer soporte a la investigación y al planteamiento ofrecido (Amaya y Rojas, 2017)

a. Partes del pavimento flexible

Figura N°1: Estructura del Pavimento flexible



Fuente: Sánchez, (2010)

b. Carpeta Asfáltica.

La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía. Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm). La carpeta es elaborada con material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta resista las cargas a la que será sometida. Un exceso de asfalto en la mezcla puede provocar pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie. Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuada performance. (Rodríguez, 2009, pág. 7)

c. Base.

Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la sub base, que se encuentra en la parte inferior. La base puede estar constituida principalmente por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, recibiendo el nombre de base estabilizada. Éstas deben tener la

suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural. (Rodríguez, 2009, pág. 7).

d. Sub base.

La sub base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica. Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. Además, la sub base controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento. (Rodríguez, 2009, pág. 7).

e. Subrasante.

La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito. Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía. El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad. (Rodríguez, 2009, pág. 8).

f. Características funcionales.

Las diferentes capas que conforman los pavimentos flexibles presentan características funcionales cuando trabajan como un paquete estructural (carpeta de rodamiento, base y subbase) que son las siguientes según Torres (2007):

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga.

- Tener la impermeabilidad necesaria. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.
- Resistir la acción destructora de los vehículos. El pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
- Resistir los agentes atmosféricos. Como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema, en la vida económica y útil del mismo. Por lo tanto, deben procurarse materiales de mayor calidad y resistentes a los agentes físicos y químicos.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos. La superficie del pavimento, debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie, que debe ser lisa, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.
- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base. La flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas. (p.1,2).

g. Ciclo de vida del pavimento

Las etapas o fases que los pavimentos flexibles afrontan durante su ciclo de vida en función a su comportamiento son según Rodríguez, M.C. & Rodríguez, M. J. (2004):

- Fase de Consolidación: Esta es la fase inicial en la vida de un pavimento flexible, donde sus diversas capas sufren cierta consolidación, debido a las cargas transmitidas por las ruedas de los vehículos. Es una fase relativamente corta que tiende a estabilizarse rápidamente. Depende de la compactación que reciben las diversas capas durante la construcción y no debe ocurrir si ésta ha sido suficiente.

- Fase Elástica: Inicia inmediatamente después de la fase anterior y corresponde a la vida útil del pavimento. Si ocurre la fase de consolidación, cada carga provoca una deformación de tipo permanente, que luego tiende a transformarse en deformación transitoria de recuperación instantánea de tipo elástico, provocando cada rueda un movimiento vertical hacia abajo (deflexión), que se recupera después de pasar el vehículo (rebote).

Durante la fase elástica no se presentan fallas generalizadas en el pavimento, salvo deformaciones o fallas locales por defectos de materiales, exceso de humedad, etc. En esta fase, las deformaciones elásticas causadas por las cargas, producen esfuerzos de tensión en las capas asfálticas y de compresión en las capas granulares. La vida de un pavimento depende de esta fase, de su duración, lo cual está íntimamente ligado a las deflexiones que pueda sufrir el pavimento. Los estudios de los pavimentos en servicio han demostrado que aquellos que presentan deflexiones reducidas, tienen generalmente una vida larga, aconteciendo lo inverso cuando estas son elevadas.

- Fase de Fatiga: Es la fase final en la vida de la estructura. Las deflexiones causadas por el constante paso de las ruedas de los vehículos provocan tensiones de tracción en los revestimientos asfálticos, que vienen acumulándose desde la fase elástica hasta que la capa se rompe por fatiga después de cierto número de pasadas, momento a partir del cual comienza un colapso gradual en toda la vía requiriéndose prácticamente una reconstrucción de la misma. La rotura por fatiga se inicia con la aparición de grietas longitudinales las cuales con el paso repetido del tránsito y la penetración de las aguas superficiales al interior del pavimento provocan el colapso de la estructura llegando al pavimento al final de su vida útil. (p. 30-32).

h. Clasificación por formas

La degradación es el progresivo deterioro del pavimento debido a ciertos factores que terminan con el colapso de la estructura, si no se realiza una intervención adecuada y oportuna, las formas de degradaciones se clasifican en función a sus características en 4 grandes grupos según Valeriano (2000):

- Deformaciones: Las deformaciones de un pavimento es cualquier cambio que presente éste con respecto a su forma original. Estas deformaciones son causadas

generalmente por una insuficiencia de la fundación que afectan a toda la estructura de la calzada.

- Agrietamientos o Fisuras: Estas fallas, representativas del fenómeno de fatiga y de una debilidad estructural se desarrollan en estructuras que han sufrido un incremento excesivo en la magnitud y/o frecuencia de las cargas más pesadas con respecto al tránsito proyectado o se le ha sometido a un periodo de servicio mayor que el previsto.

- Disgregaciones: El proceso de degradación de las capas asfálticas que comprende desde peladuras y desintegraciones graduales, que reducen el aporte estructural de la capa de rodamiento hasta desintegraciones totales con la pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica, con la formación de baches por efecto del tránsito. A estos tres grupos cabe agregar otro de menor importancia en el aspecto estructural, pero de significativa influencia en el aspecto superficial o bien en la seguridad de los usuarios que es la exudación.

- Exudaciones: La exudación es el afloramiento del asfalto, se originan en la carpeta de rodamiento y generalmente se deben a un exceso de material bituminoso en la dosificación de la mezcla, tratamiento o sello bituminoso. Cuando el afloramiento de asfalto es importante y bastante generalizado, transforma el pavimento en momentos de lluvia o exceso de humedad, en una superficie resbaladiza alta. (p.9,10).

i. Causas de origen

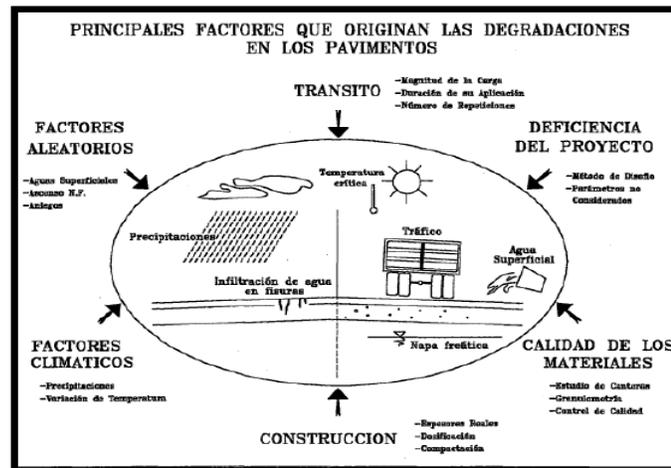
Son muchas y variadas la naturaleza de las causas que dan origen a los tipos de degradación, pudiendo ser del orden cualitativo, cuantitativo o aleatorio, En el Gráfico N°02 se representa las causas más importantes y a continuación se hace una descripción de las mismas que son consideradas por Valeriano (2000):

- Tránsito: Es uno de los factores más importantes ya que la evolución de las deformaciones y fisuras en el pavimento están ligadas a la magnitud de la carga por eje de rueda, duración de la aplicación y el número de repeticiones. El tránsito es un factor de difícil ponderación. El parque automotor se compone de una diversidad de modelos de vehículos, caracterizados por distintos números de ejes de diferente configuración, número, tipo y separación de las llantas, etc.

- Deficiencia del Proyecto: El empleo de métodos de diseño que resultan inadecuados en la actualidad o para el lugar trae consigo un mal dimensionamiento de la estructura del pavimento, incorrecta valoración de las características de los materiales empleados y del terreno de fundación, inadecuada dosificación de las mezclas, deficiente proyecto de la obra básica, no consideración de factores ambientales.
- Calidad de los Materiales: Comienza con un deficiente o en muchos casos ausente estudio de cantera, una deficiente preparación de los materiales con granulometría inadecuada. No hay un adecuado control de calidad de los materiales (agregado, asfalto, agua).
- Deficiencias Durante el Proceso Constructivo: Espesores menores que los diseñados, inadecuada elaboración de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, todos estos factores pueden traer como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural rápido de los pavimentos.
- Factores Climáticos: Factores importantes tales como las variaciones climáticas, que producen las contracciones de las mezclas; las precipitaciones, que originan los aniegos en zonas ningún o deficiente sistema de evacuación, y/o que se infiltran en las fisuras agravando su condición.
- Factores Aleatorios: Algunos factores que no son manejables cuantitativamente pero que deben de tomarse en cuenta en el diseño son: los aniegos, saturación de la estructura por fugas en las redes de agua y desagüe, y uno muy importante pocas veces considerado como es el aspecto social: aguas negras y desperdicios orgánicos arrojados sobre el pavimento, el cual depende del nivel socio-económico-cultural, predominante en los distritos populares.
- Deficiente Mantenimiento: Deficiente mantenimiento por escasez de equipo, fondos o personal capacitado, por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas, o bien, por una falta total de conservación Trabajos de mantenimiento oportunos evitarán que lo pavimentos presenten fallas con alto grado de severidad. Esto es posible si se tiene un sistema de evaluación periódico. (p.11-13).

Figura N°2: Causas que originan los deterioros

Fuente: Valeriano (2000)



2.3.3. Metodología VIZIR

a. Reseña Histórica

La metodología VIZIR fue desarrollada en Francia a partir de los años 60 para pavimentos flexibles, además fue publicado por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)” en 1972, esta metodología experimentó por primera vez en los continentes asiático y africano, la cual es muy conocida en otros países; sin embargo, en nuestro medio no está muy difundido. La metodología VIZIR permite calificar la condición del pavimento mediante el índice global de degradación que está directamente vinculado a la tarea de mantenimiento a realizar. El objetivo fue desarrollar un índice de deterioro superficial (Is) para carreteras y así poder establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento. La aplicación de método VIZIR no es sólo en Francia, sino también en Europa, África, América del Sur y Central como Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica, donde sirvió de base al establecimiento de las normas nacionales. Esta metodología se utiliza en por lo menos 20 países del mundo.

b. Definición

Es un sistema que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías A y B. El método inicia inventariando los defectos, haciendo

referencia a su extensión y a su severidad. El método usado proporciona una imagen del estado de la superficie del pavimento en un instante dado y la identificación de zonas de igual calidad clasificadas en tres niveles de defectos. Estas zonas de igual calidad, los tres niveles de defectos son utilizados para determinar la naturaleza y los tipos de trabajos requeridos.

c. Tipos de fallas

Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos básicos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión.

- Tipo: El método VIZIR clasifica el deterioro de los pavimentos en dos grandes Degradaciones Tipo A y B. (según los cuadros N°01 y N°02)
- Degradación tipo A Son las fallas que caracterizan por una deficiencia del pavimento, ligadas a las condiciones de las diversas capas y el suelo de la subrasante, o simplemente a las capas asfálticas, entre ellas se encuentran deformaciones y fisuración por fatiga.
- Degradación tipo B Son de carácter funcional y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. El origen de este último tipo de degradaciones está vinculado a la mala calidad de algunos procedimientos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales.
- Gravedad: Representa el nivel de severidad del deterioro en términos de su progresión, mientras mayor sea la severidad del deterioro, más importante deberán ser las medidas para su corrección.
- Extensión: se refiere a la porción o totalidad del tramo evaluado que es afectada por un determinado tipo de deterioro. Esta proporción puede estar referida a la longitud o área, dependiendo de la metodología de evaluación que se utilice y del tipo de deterioro identificado. Así mismo, la extensión de algunos deterioros se define por el número de veces en que ellos se presentan en el tramo sometido a evaluación.

Cuadro N°1: Niveles de Gravedad de los deterioros tipo A

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2008

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Prof ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof > 40 mm
Fisuras longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la huella de rodamiento. <6 mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (<500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy Abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Cuadro N°2: Niveles de Gravedad de los deterioros tipo B

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2008

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Fisura longitudinal de junta de construcción	Fina y única < 6 mm	- Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o - Fina ramificada	Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD				
	1	2		3	
Fisuras de contracción térmica.	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Fisuras parabólicas.	Fisuras finas	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con Desprendimientos	
Fisuras de borde	Fisuras finas	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con Desprendimientos	
Abultamientos	h < 20 mm	20 mm ≤ h ≤ 40 mm		h > 40 mm.	
Ojos de pescado* (por cada	Cantidad.	<	5 a 10	< 5	> 10
	Diámetro (mm)	≤ 3	≤ 300	≤ 1000	≤ 300
Desprendimientos: - Pérdida de película de ligante. - Pérdida de agregado	Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤	≤ 25	>	> 25
	Area(m ²)	≤	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8
Pulimento agregados	Long. Comprometida < 10% de la sección (100m).	Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)		Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)	
Exudación	Puntual, área específica	Continúa sobre las Trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.		Continua y muy marcada, en diversas aéreas.	
Afloramientos: - De mortero - De agua	Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.		Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzadas y berma	Desnivel entre 10 mm a 50	Desnivel entre 50 y 100		Desnivel superior a 100	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.	
Segregación	Long. comprometida < 10% de la sección (100 m).	Long. comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100 m)		Long. comprometida > 50% de la sección (100m)	

d. Procedimiento de la evaluación de la condición de un pavimento con la metodología VIZIR

La metodología VIZIR plantea dos índices para calificar el deterioro superficial de un pavimento: el índice de fisuración (If), referido a los agrietamientos de tipo estructural y el índice de deformación (Id), referido a los deterioros o deformaciones de tipo estructural, ello permite determinar de acuerdo con las características de extensión y severidad un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial (Is). Según Cubas, A. (2018).

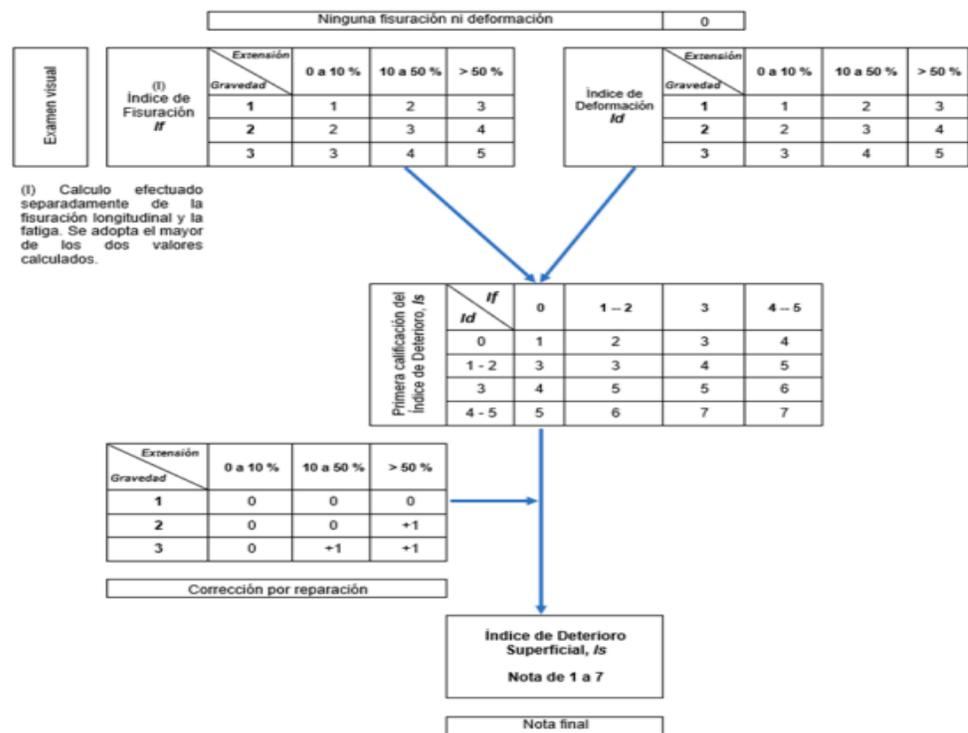
- Índice de Fisuración (If): El cálculo del índice de fisuración, el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo funcional en cada zona evaluada. Es decir, se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo B, que tengan relación con la fisuración del pavimento, es por eso que se hace la cuantificación del área dañada por este tipo de falla.
- Índice de Deformación (Id): El índice de deformación, el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen

estructural. Es decir, se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del tipo A, que impliquen deformaciones del pavimento. Es decir: ahuellamientos, hundimientos o depresiones longitudinales y transversales.

- Índice de Deterioro Superficial (Is): Se define de manera numérica la condición general de la superficie del pavimento y suministra pautas para la elección de alternativas de intervención.

La combinación del If e Id, permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad o extensión de daños. La primera nota de degradación, debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura del pavimento que se haya encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección puede generar un incremento del Is. En la siguiente figura se describen los pasos y cuadros para encontrar los valores de los índices de deformación, fisuración, y superficial.

Figura N°3: Causas que originan los deterioros



Fuente: Bullon López (2018).

En la siguiente tabla a partir del deterioro superficial I_s , se define tres situaciones generales en relación con la probable capacidad del pavimento en el instante de la evaluación aplicada

Cuadro N°3: Clasificación del estado de superficie del pavimento

RANGO CLASIFICACIÓN	
0 - 2	Bueno
3 - 4	Regular
5 - 7	Deficiente

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC)

- Valores del “ I_s ” entre 1 y 2. Representan pavimentos con limitadas fisuras y deformaciones que presentan un buen aspecto general y que probablemente no requieran el momento más que acciones de mantenimiento rutinario.
- Valores del “ I_s ” entre 3 y 4. Representan pavimentos con fisuras de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuras, pero con deformaciones de que tienen alguna importancia. Su estado superficial se considera lo suficientemente degradado y regular como para empezar con tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
- Valores del “ I_s ” entre 5,6 y 7. Nos indica que los pavimentos tienen abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial posiblemente exija la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

2.3.4. Metodología del Ministerio de Transporte (MTC)

a. Niveles de servicio.

Los niveles de servicio son indicadores que cuantifican y califican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de

seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

En la conservación vial por niveles de servicio el trabajo se realiza para cumplir los estándares admisibles y no por el volumen de trabajo ejecutado. Es obligación del ejecutor de la conservación vial tener la carretera en perfectas condiciones los 365 días del año, en tal sentido el criterio de pago es el buen estado de las vías, de esta manera se asegura la preservación del buen estado de las vías.

Para la medición o determinación de los niveles de servicio, en los cuadros siguientes se presentan las exigencias de niveles de servicio por tipo de vía y por los siguientes componentes: (PERU, 2014)

1. Plataforma y Taludes
2. Calzada de Afirmado
3. Pavimentos Flexibles Calzada y Berma
4. Pavimentos Rígidos Calzada y Berma
5. Drenaje Superficial, Drenaje Subterráneo y Muros
6. Señalización y Dispositivos de Seguridad Vial
7. Derecho de Vía
8. Túneles y Obras Complementarias
9. Puentes

b. Conservación de pavimentos flexibles – calzada y berma.

Cuadro N°4: Niveles de Servicios para: Calzadas (Tratamiento Superficial).

Fuente: Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial del MTC.

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio					Bajo Volumen de Tránsito Pavimentado
		Tipo de Vía					
		Autopista 1ra clase	Autopista 2da clase	Carretera 1ra clase	Segunda Clase	Tercera Clase	
		IMD > 6000 (*)	6000 < IMD < 4001 (*)	4000 < IMD < 2001 (*)	2000 < IMD < 401 (*)	400 < IMD < 201 (*)	IMD ≤ 200
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	-	-	-	-	-	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	-	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	-	-	-	-	-	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	-	-	-	-	-	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	-	-	-	-	-	0%
Peladura y Desprendimiento	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	-	-	-	-	-	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	-	-	-	-	-	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	-	-	-	-	-	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	-	-	-	-	-	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	-	-	-	-	-	5%
Eradación	Porcentaje máximo de área con eradación	-	-	-	-	-	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	-	-	-	-	-	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (TSB nuevo)	-	-	-	-	-	3.0 IRIC(1)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (TSB con Recapa Asfáltica)	-	-	-	-	-	3.5 IRIC(1)
Rugosidad Período de Servicio	Rugosidad característica del tramo (TSB Período de Servicio)	-	-	-	-	-	4.3 IRIC(1)
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado	-	-	-	-	-	No menor de 0.50

(*) De acuerdo al Manual de Suelos y Pavimentos del MTC las superficies de rodadura con Tratamiento Superficial se aplican en caminos con IMD ≤ 200 no obstante en caso de presentarse Tratamientos Superficiales en Caminos con IMD > 200 vehículos, los niveles de servicio serán los que determine la Entidad encargada de la Conservación Vial.

(1) IRIC característico (IRIC), a la confiabilidad de 70%

IRIC = IRip + 0.524 x ds

IRip = IRI (promedio)

ds = desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC

Cuadro N°5: Calificación para cada tipo de deterioro o falla de la capa de rodadura por secciones de 200m de carreteras con pavimento flexible.

Clasificación de los Deterioros / Fallos	Código de dato	Deterioros / Fallos	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro Aij (m²) Número de deterioros (Ni) Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la Sección (Evaluado) (m)	Longitud de la Sección (Evaluado) (m)	Área de la Sección Evaluada (m²) As	Porcentaje de Extensión del deterioro/Falla (EFij)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Fallo				Puntaje de Condición Resultante Por Cada Tipo de Deterioro/Fallo	
										0: Sin Deterioros o sin fallas	1: Leve (EFp = entre 10% a 20%)	2: Moderado (EFp = entre 20% y 30%)	3: Severo (EFp = mayor a 30%)		
CALZADA Deterioros o Fallos Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Mallo grande (> 0.5 m) sin material suelto	Área (A _{1j}): Dado 1 Gravedad 1 A _{1j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{1j} = (A _{1j} / As) x 100							
			2: Mallo mediano (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (A _{2j}): Dado 1 Gravedad 2 A _{2j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{2j} = (A _{2j} / As) x 100	EFp = [(EF _{1j} x A _{1j}) + (EF _{2j} x A _{2j}) + (EF _{3j} x A _{3j})] / (A _{1j} + A _{2j} + A _{3j})	0	> 0 y < 40	≥ 40 y < 200	200		
			3: Mallo pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	Área (A _{3j}): Dado 1 Gravedad 3 A _{3j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{3j} = (A _{3j} / As) x 100							
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas de tránsito (ancho < 1 mm)	Área (A _{1j}): Dado 2 Gravedad 1 A _{1j} = Longitud x 0.10 (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{1j} = (A _{1j} / As) x 100							
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho = 1 mm y < 3 mm)	Área (A _{2j}): Dado 2 Gravedad 2 A _{2j} = Longitud x 0.20 (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{2j} = (A _{2j} / As) x 100	EFp = [(EF _{1j} x A _{1j}) + (EF _{2j} x A _{2j}) + (EF _{3j} x A _{3j})] / (A _{1j} + A _{2j} + A _{3j})	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100		
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A _{3j}): Dado 2 Gravedad 3 A _{3j} = Longitud x 0.30 (Ancho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{3j} = (A _{3j} / As) x 100							
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	Área (A _{1j}): Dado 3 Gravedad 1 A _{1j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{1j} = (A _{1j} / As) x 100							
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm	Área (A _{2j}): Dado 3 Gravedad 2 A _{2j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{2j} = (A _{2j} / As) x 100	EFp = [(EF _{1j} x A _{1j}) + (EF _{2j} x A _{2j}) + (EF _{3j} x A _{3j})] / (A _{1j} + A _{2j} + A _{3j})	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100		
			3: Profundidad > 4 cm	Área (A _{3j}): Dado 3 Gravedad 3 A _{3j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{3j} = (A _{3j} / As) x 100							
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario, pero < 6 mm	Área (A _{1j}): Dado 4 Gravedad 1 A _{1j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{1j} = (A _{1j} / As) x 100							
			2: Profundidad > 6 mm y < 12 mm	Área (A _{2j}): Dado 4 Gravedad 2 A _{2j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{2j} = (A _{2j} / As) x 100	EFp = [(EF _{1j} x A _{1j}) + (EF _{2j} x A _{2j}) + (EF _{3j} x A _{3j})] / (A _{1j} + A _{2j} + A _{3j})	0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100		
			3: Profundidad > 12 mm	Área (A _{3j}): Dado 4 Gravedad 3 A _{3j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{3j} = (A _{3j} / As) x 100							
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales	Área (A _{1j}): Dado 5 Gravedad 1 A _{1j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{1j} = (A _{1j} / As) x 100								
		2: Reparación de piel de cocodrilo de fisuras longitudinales, en buen estado.	Área (A _{2j}): Dado 5 Gravedad 2 A _{2j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{2j} = (A _{2j} / As) x 100	EFp = [(EF _{1j} x A _{1j}) + (EF _{2j} x A _{2j}) + (EF _{3j} x A _{3j})] / (A _{1j} + A _{2j} + A _{3j})	0	> 0 y < 10	≥ 10 y < 50	50			
		3: Reparación de piel de cocodrilo de fisuras longitudinales, en mal estado.	Área (A _{3j}): Dado 5 Gravedad 3 A _{3j} = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x 200	EF _{3j} = (A _{3j} / As) x 100								

Clasificación de los Deteriores / Falta	Código de daño	Deteriores / Falta	Gravedad (G)	Medidas Área de deterioro A _D (m ²) Número de deterioros (N _D) Longitud del deterioro (L _D)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) A _E	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EF _D)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Falta				Puntaje de Condición Resultante Por Cada Tipo de Deteriores/Falta		
										0: Sin Deteriores o sin falta	1: Leve EF _D = entre 10% y 30%	2: Moderado EF _D = entre 30% y 50%	3: Severo EF _D = mayor a 50%			
CALZADA Deteriores o Falta superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntal sin separación de la base granular (peladura superficial).	Área (A _D): Daño 6 Gravedad 1 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100		0	0 y < 10	> 10 y < 50	50			
			2: Continuo sin separación de la base granular o puntal con separación de la base granular.	Área (A _D): Daño 6 Gravedad 2 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100	EF _D = [(EF _{D1} x A _{D1} + EF _{D2} x A _{D2} + EF _{D3} x A _{D3}) / (A _{D1} + A _{D2} + A _{D3})]	0	0 y < 10	> 10 y < 50	50			
			3: Continuo con separación de la base granular.	Área (A _D): Daño 6 Gravedad 3 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100								
	7	Baches (buenos)	1: Diámetro < 0.2 m	Número (N _D): Daño 7 Gravedad 1							0	0 y < 20	> 20 y < 100	100		
			2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m	Número (N _D): Daño 7 Gravedad 2						EF _D = N _{D1} + N _{D2} + N _{D3}	0	0 y < 20	> 20 y < 100	100		
			3: Diámetro > 0.5 m	Número (N _D): Daño 7 Gravedad 3												
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho < 1 mm)	Área (A _D): Daño 8 Gravedad 1 A _D = Longitud x 0.10(m) (hecho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100			0	0 y < 10	> 10 y < 50	50		
			2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas no ramificadas (ancho > 1 mm y < 3 mm)	Área (A _D): Daño 8 Gravedad 2 A _D = Longitud x 0.20(m) (hecho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100	EF _D = [(EF _{D1} x A _{D1} + EF _{D2} x A _{D2} + EF _{D3} x A _{D3}) / (A _{D1} + A _{D2} + A _{D3})]	0	0 y < 10	> 10 y < 50	50			
			3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas no ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	Área (A _D): Daño 8 Gravedad 3 A _D = Longitud x 0.30(m) (hecho de influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100								
		9	Exudación	1: Puntal	Área (A _D): Daño 9 Gravedad 1 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100			0	0 y < 20	> 20 y < 100	100	
				2: Continuo	Área (A _D): Daño 9 Gravedad 2 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100	EF _D = [(EF _{D1} x A _{D1} + EF _{D2} x A _{D2} + EF _{D3} x A _{D3}) / (A _{D1} + A _{D2} + A _{D3})]	0	0 y < 20	> 20 y < 100	100		
				3: Continuo con superficie viscosa	Área (A _D): Daño 9 Gravedad 3 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100							
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión	Área (A _D): Daño 10 Gravedad 1 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	200	ancho bermas ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100			0	0 y < 10	> 10 y < 50	50			
		2: Daños en menos del 30 % de la longitud	Área (A _D): Daño 10 Gravedad 2 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	200	ancho bermas ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100	EF _D = [(EF _{D1} x A _{D1} + EF _{D2} x A _{D2} + EF _{D3} x A _{D3}) / (A _{D1} + A _{D2} + A _{D3})]	0	0 y < 10	> 10 y < 50	50				
		3: Daños en más del 30 % de la longitud	Área (A _D): Daño 10 Gravedad 3 A _D = Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	200	ancho bermas ² /200	EF _D = (A _D /A _E) x 100									
11	Desnivel Calzada/Bermas	1: Desenivel leve < 15 mm	Longitud (L _D): Daño 11 Gravedad 1		200		EF _D = (L _D /200) x 100			0	0 y < 20	> 20 y < 100	100			
		2: Desenivel moderado entre 15 y 50 mm	Longitud (L _D): Daño 11 Gravedad 2		200		EF _D = (L _D /200) x 100	EF _D = [(EF _{D1} x L _{D1} + EF _{D2} x L _{D2} + EF _{D3} x L _{D3}) / (L _{D1} + L _{D2} + L _{D3})]	0	0 y < 20	> 20 y < 100	100				
		3: Desenivel severo > 50 mm	Longitud (L _D): Daño 11 Gravedad 3		200		EF _D = (L _D /200) x 100									
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN																

Fuente: Manual de mantenimiento o conservación vial del MTC.

El puntaje de condición final sumado debe ser menor o igual a 1000, en tal caso la calificación de condición será igual a la diferencia del total de suma menos la suma del puntaje de condición. Se resumen en la siguiente tabla:

Cuadro N°6: Ancho de influencia de fisuras

Fuente: Manual de mantenimiento o conservación vial del MTC.

CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN=	1000 - SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN
CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN=	

Los tipos de condición superficial que son asignados por la calificación de condición para pavimento flexible son:

Cuadro N°7: Tipos de Condición según calificación de condición

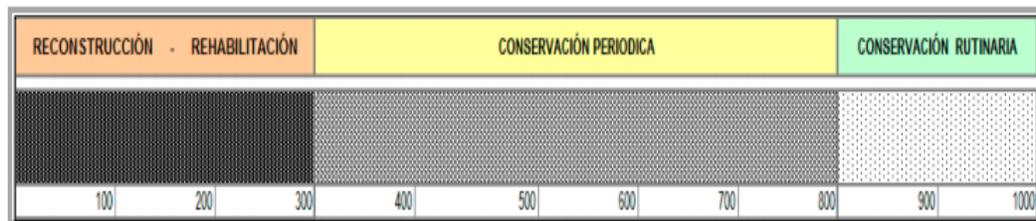
Fuente: Manual de mantenimiento o conservación vial del MTC.

CONDICIÓN BUENO	800
CONDICIÓN REGULAR	300 Y ≤ 800
CONDICIÓN MALO	≤ 300

De acuerdo a la calificación de condición superficial del pavimento flexible se puede estimar el tipo de conservación a realizar en cada sección de 200 m de longitud:

Cuadro N°8: Tipos de conservación según condición de calificación

Fuente: Manual de mantenimiento o conservación vial del MTC.



2.3.5. Metodología PCI

a. Definición

Es un procedimiento que determina la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. Entre los años 1974 y 1976, fue desarrollado a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. teniendo como objetivo obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

El Índice de Condición del Pavimento, se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad (Vásquez, 2002). Es un método sencillo de aplicación, solo se necesitan formatos para realizar el levantamiento, manual de daños para clasificarlos y seguir los procedimientos que exigidos los cuales se presentan más adelante.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El índice de condición del pavimento 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.

Cuadro N°9: Rangos y Calificación del método PCI.

PCI	
RANGO	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
20 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Mori Grandez, D. (2018).

Cuadro N°10: Escala de calificación del PCI.

Fuente: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, 2020

Standard PCI™ Rating Scale		Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

El cuadro N°10 nos indica la escala de calidad del método PCI actualizado, podemos observar que no tiene la condición “excelente”, a comparación del cuadro N°9 que fue usada en la investigación de Mori Grandez, D. (2018). para la comparación con los resultados de esta investigación, usaremos la tabla N°9.

b. Procedimiento de Evaluación de la Condición de un Pavimento

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos y una segunda fase que será el cálculo. Para la evaluación de pavimentos, La clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Apéndice C del Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de Pavimentos; La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

Bajo, (B): se perciben algunas vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.

Medio, (M): las vibraciones que sufre el vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad para conseguir comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

Alto, (A): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad considerablemente para conseguir comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es la extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas. De acuerdo al tipo de pavimento al cual se esté realizando la evaluación, se contará con el formato adecuado en el cual se registra en los datos de campo.

El deterioro de la estructura de un pavimento está en función de la clase de daño, nivel de severidad y su cantidad o proporción de pavimento afectado por los mismos, donde la formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados sería problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar tal dificultad en el método se introdujo los “Valores de Deducción” (VD), como un modelo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de

afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

Cuadro N°11: Niveles de severidad de los deterioros – PCI

Fuente: INVIAS

TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD					
	L (Low / Bajo)	M (Medium / Medio)	H (High / Alto)			
Grieta Piel de Cocodrilo	Grietas finas, capilares y longitudinales, no presentan rotura del material.	Red de grietas ligeramente descascaradas.	Grietas interconectadas bien definidas con bordes descascarados.			
Exudación de Asfalto	Grado muy ligero y detectable esporádicamente en pocos días del año.	El asfalto se pega en los vehículos, detectado durante pocas semanas del año.	Exudación de forma extensa.			
Arietamiento en bloque o contrac.	Grieta sin relleno de ancho menor que 10 mm	Grieta sin relleno de ancho entre 10-76 mm rodeada de grietas pequeñas.	Grieta sin relleno de más de 76 mm. de ancho, severamente fracturadas.			
Abultamiento y hundimiento	No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.	Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.	Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.			
Corrugación	Afecta la calidad del viaje con severidad baja.	Afecta la calidad del viaje con severidad media.	Afecta la calidad del viaje con severidad alta.			
Depresión	Máxima profundidad 13 a 25 mm.	Máxima profundidad 25 a 50 mm.	Profundidad de depresión mayor a 50 mm.			
Grieta de Borde	Grietas de baja severidad sin fragmentación o desprendimiento.	Grietas con cierta fragmentación y desprendimiento.	Considerable rotura de borde y disgregación en las grietas.			
Grieta de Reflexión de Junta	Grieta sin relleno de ancho menor que 10 mm.	Grieta sin relleno de ancho entre 10 mm y 75 mm.	Grieta sin relleno de más de 75 mm de ancho con franja adyacente de 100mm fragmentada.			
Desnivel Carril / Berma	Diferencia de nivel entre 25 y 50mm.	Diferencia de nivel entre 50 y 100mm.	Diferencia de nivel mayor a 100mm.			
Grieta Longitudinal y Transversal	Grieta sin relleno de ancho menor que 10 mm.	Grieta sin relleno de ancho entre 10 mm y 75 mm, rodeadas de pequeñas grietas aleatorias.	Grieta sin relleno de más de 75 mm de ancho con franja adyacente severamente fracturadas.			
Parcheo (baches reparados)	El bache está en buena condición y es satisfactorio.	El bache está moderadamente deteriorado.	El bache está muy deteriorado, requiere pronta sustitución.			
Pulimento de Agregados	El daño debe ser significativo antes de incluirlo en la evaluación, además requiere estudios complementarios.	El daño debe ser significativo antes de incluirlo en la evaluación, además requiere estudios complementarios.	El daño debe ser significativo antes de incluirlo en la evaluación, además requiere estudios complementarios.			
Huecos	Profundidad máxima	Diámetro promedio				
		100 - 200 mm	200 - 450 mm	450 - 750 mm	> 750 mm	
		13 - 25 mm	L	L	M	M
		> 25 - 50 mm	L	M	H	H
	> 50 mm	M	M	H	H	
Cruce de Vía Férrea (*)	No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.	Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.	Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.			
Ahuellamiento	Profundidad promedio: 6 - 13 mm.	Profundidad promedio: 13 - 25 mm.	Profundidad promedio: > 25 mm.			
Desplazamiento	Afecta la calidad del viaje con severidad baja.	Afecta la calidad del viaje con severidad media.	Afecta la calidad del viaje con severidad alta.			
Grieta Parabólica (slippage)	Ancho promedio de la grieta menor que 10 mm.	Ancho promedio de la grieta entre 10 - 40 mm.	Ancho promedio de la grieta mayor a 38 mm.			
Hinchamiento	Causa calidad de tránsito de baja severidad.	Causa calidad de tránsito de severidad media.	Causa calidad de tránsito con alta severidad.			
Desprendimiento de Agregados Gruesos	Perdida de los agregados o el ligante	La textura superficial es moderadamente rugosa y agujereada.	La superficie es muy rugosa y agujereada (las áreas tienen Ø<10 mm. y profundidades<13 mm).			

2.4. Definición de términos básicos

Definición de pavimento: Se conoce como pavimento al conjunto de varias capas de material seleccionado cuya función es resistir, distribuir y absorber las fuerzas causado por la circulación de vehículos, en forma eficientemente durante el periodo de tiempo

para el cual ha sido diseñado dando a los usuarios la seguridad y comodidad para el tránsito.

Las condiciones necesarias que se deben tomar en cuenta para un óptimo funcionamiento son las siguientes: trazo horizontal y vertical, anchura, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, también la adecuada adherencia entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Los pavimentos por lo general están conformados por tres capas las cuales son las siguientes: La Capa de Rodadura, que se encuentra en la parte superior y cuya función es estar en contacto directo con el tránsito vehicular, puede ser de Cemento Portland (Rígido) o del tipo bituminoso (Flexible).

Pavimentos flexibles: Los pavimentos flexibles están constituidos por un conjunto de capas denominadas superficie de rodadura o capa asfáltica, base granular y sub base granular las cuales están apoyadas sobre una subrasante nivelada y compactada mínimo al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado.

Resistencia estructural: El Pavimento Flexible debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por los vehículos los cuales producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. Siendo el esfuerzo cortante la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. También se tienen aquellos producidos por la aceleración, drenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.

Durabilidad La durabilidad: que se desee obtener de un Pavimento Asfáltico dependerá de factores económicos y sociales, siendo esta característica muy importante debido a que ayudara a conservar el pavimento. Siendo en la mayoría de casos la solución más económica y rentable hacer un respectivo mantenimiento para lograr la conservación y vida útil del Pavimento Asfáltico.

Auscultación de pavimentos: Este proceso sirve para evaluar el estado actual del pavimento, brindando una herramienta de apoyo que permita determinar cuándo realizar un mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO III: HIPOTESIS

3.1. Hipótesis Principal.

H1: Determinando que el índice de condición del método MTC es similar al índice de condición del método VIZIR y al método del PCI, entonces se considera el método MTC, confiable.

3.2. Hipótesis Secundarias.

3.2.1 Hipótesis secundaria 1.

H₁₁: Determinando que el índice de condición del método MTC es similar al índice de condición del método VIZIR, entonces se considera el método MTC, confiable.

H₀₁: Determinando que el índice de condición del método MTC no es similar al índice de condición del método VIZIR, entonces se considera el método MTC, no confiable.

3.2.1 Hipótesis secundaria 2.

H₁₂: Determinando que el índice de condición del método MTC es similar al índice de condición al método del PCI, entonces se considera el método MTC, confiable.

H₀₂: Determinando que el índice de condición del método MTC no es similar al índice de condición al método del PCI, entonces se considera el método MTC, no confiable.

CAPÍTULO VI: METODOLOGIA

4.1. Tipo y método de investigación

- Investigación de tipo descriptiva
- Nivel de investigación: Descriptivo, explicativo
- Diseño: No experimental, transversal, retrospectivo
- El método de esta investigación es deductivo porque se partirán de metodologías establecidas para la evaluación superficial del pavimento flexible.
- Orientación: Aplicada
- Enfoque: Cualitativo
- Fuente de recopilación de datos: Retrolectivo, es cuando la obtención de la información es realizada una vez que la maniobra y el resultado han ocurrido

4.2. Población de estudio

Estudios de evaluación superficial de pavimentos flexibles con las metodologías del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR) e Índice de condición del Pavimento (PCI) en el Perú.

4.3. Diseño muestral

Estudios de los años 2015 al 2020 de evaluación superficial de pavimentos flexibles con las metodologías del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR) e Índice de condición del Pavimento (PCI) en el Perú.

4.4. Relación entre variables

4.4.1. Operacionalización de variables dependiente.

Cuadro N°12: Operacionalización de variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	ESCALA	INSTRUMENTO
VD:Método MTC	Este manual de conservación vial, tiene como finalidad brindar los criterios apropiados que se deben aplicar para la gestión de mantenimiento ya sea rutinario o periódico, que se ejecuten en las vías para que estas se conserven en niveles de servicio adecuados.	El Metodo consiste en calificar la condicion superficial del pavimento flexible de la carretera, se califica la condicion de la capa de rodadura del pavimento de la calzada considerando cada tipo de deterioro o fallas según el nivel de gravedad de dicho tipo y su clase de extension.	Tipo de Fallas Niveles de gravedad Clasificación de Condición Confabilidad	Falla estructural y superficial Leve, moderado, severo Bueno, regular, malo 0% a 100%	und,m,m2 Porcentual(%)	CUALITATIVA-CONTINUA CUALITATIVA-CONTINUA	Referencias bibliograficas (articulos, tesis y expedientes) entre los años 2015-2020

Elaboración propia.

4.4.2. Operacionalización de variables independientes

Cuadro N°13: Operacionalización de variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	ESCALA	INSTRUMENTO
VI.Método VIZIR y Método PCI	<p>El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B. Los deterioros del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento y Los deterioros del tipo B dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada.</p> <p>Es un indicador de la integridad estructural y de la condición operativa del pavimento, señala numéricamente la evaluación de la condición superficial del pavimento y proporciona su estado basándose en las fallas y deterioros detectados en la superficie.</p>	<p>El método que consiste en determinar la condición superficial de la vía en un momento dado e identificar las zonas homogéneas de la misma, para lo cual se identifica el tipo de deterioro, se realiza las medidas respectivas del daño y al final en base a estos datos se determina el índice de deterioro superficial. Con este método Internacional se podrá indicar el sistema de administración del mantenimiento en pavimentos flexibles</p>	<p>Tipos de fallas</p> <p>-Clasificación del estado de superficie del pavimento</p> <p>-Parámetros de evaluación</p> <p>-Determinar el índice de condición del pavimento</p>	<p>Deterioro estructural (Tipo A) y deterioro superficial (Tipo B)</p> <p>Bueno,regular,deficiente</p> <p>-Daño</p> <p>-Gravedad de severidad</p> <p>-Extension del daño</p> <p>-Cálculo del valor deducido (VD)</p> <p>-Máximo valor admisible del VD</p> <p>-Cálculo del máximo valor deducido</p> <p>-Determinación del PCI</p>	und,m,m2	CUALITATIVA - CONTINUA	Referencias bibliograficas (articulos, tesis y expedientes) entre los años 2015-2020

Elaboración propia.

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Basto, Martínez, [et. Al.]. (2014), menciona que “El instrumento para la selección de información es una pieza clave de los temarios acostumbrados, donde se aplica para averiguar distintos argumentos que nos interesen a través de integrantes de estudios científicos”. (p. 918).

Hoja de cálculo (Excel), Este instrumento detallará los resultados que obtendremos según vayamos avanzando con los ensayos por medio de gráficos y cuadros.

Los instrumentos de recolección de datos son considerados como herramientas útiles que descubren los procedimientos con los que se hace la recolección de datos o las informaciones requeridas en la investigación con el objetivo de procesarlos mediante métodos estadísticos y cuantificarlos para dar cumplimiento a la hipótesis y logra los objetivos planificados. (Diestra, 2013 p. 82).

Fichas y resultados de investigaciones pasadas, con estas fichas y resultados podremos obtener un mejor resultado estadístico sobre la comparación de las mitologías estudiadas.

4.6. Procedimientos para la recolección de datos

Para poder llevar a cabo el trabajo según los requerimientos necesarios se deben realizar las siguientes actividades para lograr los objetivos estimados, estas actividades se dividen en 4 pasos y son los siguientes:

- Reunir la información necesaria
- Análisis de los datos
- Comparación y estadísticas de los resultados de las investigaciones pasadas
- Informe final

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la búsqueda de material, libros, pappers e investigaciones, se utilizarán las siguientes combinaciones de palabras “Pavimentos Flexibles”, “Metodologías PCI y VIZIR en otros países”, “Fallas superficiales”, “Serviciabilidad”. Al tener las fuentes, se seleccionarán las investigaciones con mejor desarrollo al momento de analizar las fallas y determinar el índice de condición, para poder comparar las metodologías utilizadas, la comparación se hará a nivel de los tipos de fallas que se consideran en cada investigación, cuantificación de las fallas, método de cálculo del indicador final y las condiciones locales en los que se hicieron las investigaciones.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Con la finalidad de analizar y determinar el nivel de confiabilidad del método de evaluación superficial de pavimentos del MTC, se analizó el método VIZIR que supuestamente da origen al método MTC, y como método de control se analiza el método del PCI.

Como unidades de muestra se tomaron las tesis que tenían las fallas de los métodos PCI y MTC, es decir tramos donde se compararon ambos métodos y se desarrolló el método VIZIR con la finalidad de analizar las fallas y los procedimientos para los resultados finales de índice de condición.

5.1. Método VIZIR.

Se aplicó la metodología VIZIR en el tramo del kilómetro 0+000.00 hasta el kilómetro 1+720.20 de la Vía Satélite, tanto subida como bajada, de acuerdo al marco teórico de esta metodología, obteniéndose el siguiente resultado que se muestra en los cuadros N°25 y N°26.

Cuadro N°14: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Satélite subida.

Metodo Vizir		Calculo del Indice de fisuración (If)						Calculo de Indice de Deformación (I)			Indice de Deterioro Superficial inicial Is	Corrección y Calculo Indice de deterioro Superficial			Categoría			
PROGRESIVA	Área de Tramo 631.74	Fisuras Longitudinales por fatiga			Piel de cocodrilo			Indice de Fisuración (If)	Ahueamiento y otras deformaciones estructurales			Indice de Deterioro Superficial inicial Is	Bacheo y parcheo			Indice de Deterioro Superficial inicial Is		
		Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	If		Densidad	Gravedad	Id		Densidad	Gravedad			Id	Densidad
Inicio	Fin																	
K0+000.00	K0+109.80	4%	2	2	2%	2	2	2	0	0	0	2	6%	2	0	2	BUENA	
K0+109.80	K0+219.6	3%	2	2	2.64%	2	2	2	2%	0	0	2	2%	2	0	2	BUENA	
K0+219.6	K0+329.4	1%	2	2	1%	2	2	2	0	0	0	2	1%	2	0	2	BUENA	
K0+329.4	K0+439.2	9%	2	2	0	0	0	2	1%	2	2	2	1%	1	0	2	BUENA	
K0+439.2	K0+549	0	0	0	2%	2	2	2	3%	2	2	2	2%	1	0	2	BUENA	
K0+549	K0+658.8	1%	1	1	0	0	0	1	0.30%	1	1	1	1%	2	0	1	BUENA	
K0+658.8	K0+768.6	2%	2	2	0	0	0	2	5%	1	1	2	1%	2	0	2	BUENA	
K0+768.6	K0+878.4	19%	2	3	0	0	0	3	18%	2	3	3	1%	2	0	3	REGULAR	
K0+878.4	K0+988.2	17%	2	3	12%	2	3	3	5%	1	1	3	1%	2	0	3	REGULAR	
K0+988.2	K1+098.0	19%	2	3	0	0	0	3	12%	2	3	3	1%	2	0	3	REGULAR	
K1+098.0	K1+134.6	5%	2	2	9%	1	1	2	1%	3	3	3	1%	2	0	3	REGULAR	
K1+134.6	K1+207.8	3%	2	2	0	0	0	2	1%	2	2	2	2%	2	0	2	BUENA	
K1+207.8	K1+317.6	2%	2	2	0%	0	0	2	9%	2	2	2	2%	2	0	2	BUENA	
K1+317.6	K1+427.4	3%	2	2	0	0	0	2	13%	1	2	2	4%	2	0	2	BUENA	
K1+427.4	K1+537.2	1%	2	2	0%	0	0	2	5%	1	1	2	2%	2	0	2	BUENA	
K1+537.2	K1+647	3%	2	2	0	0	0	2	5%	1	1	2	1%	1	0	2	BUENA	
K1+647	K1+720.2	2%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	BUENA	

Fuente: Elaboración Propia.

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 17 unidades de muestra, que equivalen a 47 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 76% de condición Buena y 23% de condición Regular. El número de muestras que evalúa el método VIZIR es menor porque la longitud de la unidad de muestra es de 109.8m.

mientras que la del método PCI es de 36.6m (hablar de las fallas y los cálculos, no más de 1 pagina, ejemplo, tamaño de unidad de muestra, todo esto me va a servir para la comparación)

Cuadro N°15: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Satélite Bajada.

Metodo Vizir		Calculo del Índice de fisuración (If)						Calculo de Índice de Deformación (I)			Índice de Deterioro Superficial	Corrección y Calculo Índice de deterioro Superficial			Categoría		
PROGRESIVA	Área de Tramo	Fisuras Longitudinales por fatiga			Piel de cocodrilo			Índice de Fisuración (If)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales			Iniciales	Bacheo y parcheo			Índice de Deterioro Superficial Iniciales	
		Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	If		Densidad	Gravedad	Id		Densidad	Gravedad			Id
Inicio	Fin																
K0+000.00	K0+109.80	4%	2	2	2%	2	2	2	0	0	0	2	6%	2	0	2	BUENA
K0+109.80	K0+219.6	3%	2	2	2.64%	2	2	2	0%	0	0	2	2%	2	0	2	BUENA
K0+219.6	K0+329.4	1%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	1%	2	0	2	BUENA
K0+329.4	K0+439.2	9%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	1%	1	0	2	BUENA
K0+439.2	K0+549	0	0	0	2%	2	2	2	0%	0	0	2	2%	1	0	2	BUENA
K0+549	K0+658.8	1%	1	1	0	0	0	1	0%	0	0	1	1%	2	0	1	BUENA
K0+658.8	K0+768.6	2%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	1%	2	0	2	BUENA
K0+768.6	K0+878.4	19%	2	3	0	0	0	3	8%	2	2	3	1%	2	0	3	REGULAR
K0+878.4	K0+988.2	17%	2	3	12%	2	3	3	5%	1	1	3	1%	2	0	3	REGULAR
K0+988.2	K1+098.0	19%	2	3	0	0	0	3	2%	2	2	3	1%	2	0	3	REGULAR
K1+098.0	K1+134.6	5%	2	2	9%	1	1	2	1%	2	2	3	1%	2	0	3	REGULAR
K1+134.6	K1+207.8	3%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	2%	2	0	2	BUENA
K1+207.8	K1+317.6	2%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	2%	2	0	2	BUENA
K1+317.6	K1+427.4	3%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	4%	2	0	2	BUENA
K1+427.4	K1+537.2	1%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	2%	2	0	2	BUENA
K1+537.2	K1+647	3%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	1%	1	0	2	BUENA
K1+647	K1+720.2	2%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	BUENA

Fuente: Elaboración Propia.

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 17 unidades de muestra, que equivalen a 49 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 94% de condición Buena y 6% de condición Regular.

Se aplicó la metodología VIZIR en el tramo del kilómetro 1+720.20 hasta el kilómetro 2+671.8 de la Vía Ventanilla Alta - subida, de acuerdo al marco teórico de esta metodología, obteniéndose el siguiente resultado que se muestra en el cuadro N°27.

Cuadro N°16: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Ventanilla Alta - Subida.

Metodo Vizir		Calculo del Índice de fisuración (If)						Calculo de Índice de Deformación (I)			Índice de Deterioro Superficial	Corrección y Calculo Índice de deterioro Superficial			Categoría		
PROGRESIVA	Área de Tramo	Fisuras Longitudinales por fatiga			Piel de cocodrilo			Índice de Fisuración (If)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales			Iniciales	Bacheo y parcheo			Índice de Deterioro Superficial Iniciales	
		Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	If		Densidad	Gravedad	Id		Densidad	Gravedad			Id
Inicio	Fin																
K1+720.2	K1+830.00	2%	2	2	0%	2	2	2	0	0	0	2	0%	2	0	2	BUENA
K1+830.00	K1+939.8	1%	2	2	0%	0	0	0	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K1+939.8	K2+049.6	1%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+049.6	K2+159.4	3%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+159.4	K2+269.2	3%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+269.2	K2+379.0	2%	2	2	2%	2	2	2	0%	0	0	2	1%	2	0	1	BUENA
K2+379.0	K2+488.8	2%	2	2	1%	1	1	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	BUENA
K2+488.8	K2+598.6	2%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	2	0	2	BUENA
K2+598.6	K2+671.8	1%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA

Fuente: Elaboración Propia.

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 9 unidades de muestra, que equivalen a 26 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 100% de condición Buena y 0% de condición Regular.

Se aplicó la metodología VIZIR en el tramo del kilómetro 1+793.40 hasta el kilómetro 2+745.00 de la Vía Ventanilla Alta - subida, de acuerdo al marco teórico de esta metodología, obteniéndose el siguiente resultado que se muestra en el cuadro N°28.

Cuadro N°17: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Ventanilla Alta - Bajada.

Metodo Vizir		Calculo del Índice de fisuración (If)							Calculo de Índice de Deformación (I)			Índice de Deterioro Superficial inicial Is	Corrección y Calculo Índice de deterioro Superficial			Categoría	
PROGRESIVA	Area de Tramo	Fisuras Longitudinales por			Piel de cocodrilo		Índice de Fisuración (If)	Ahuellamiento y otras			Bacheo y parcheo			Índice de Deterioro Superficial			
	631.74	Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad		If	Densidad	Gravedad	Id	Densidad	Gravedad		Id		
Inicio	Fin																
K1+793.4	K1+903.2	2%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	2%	1	0	2	BUENA
K1+903.2	K2+013.0	2%	2	2	0%	0	0	0	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+013.0	K2+122.8	3%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+122.8	K2+232.6	3%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	BUENA
K2+232.6	K2+342.4	1%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+342.4	K2+452.2	2%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	2	0	2	BUENA
K2+452.2	K2+562.0	3%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	1	0	2	BUENA
K2+562.0	K2+671.8	1%	2	2	1%	1	1	2	0%	0	0	2	0%	2	0	2	BUENA
K2+671.8	K2+745.0	1%	1	1	0%	0	0	1	0%	0	0	1	0%	1	0	1	BUENA

Fuente: Elaboración Propia.

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 9 unidades de muestra, que equivalen a 26 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 100% de condición Buena y 0% de condición Regular.

Se aplicó la metodología VIZIR en el tramo del kilómetro 2+671.8 hasta el kilómetro 4+465.2 de la Vía Lomas de Ventanilla - subida, de acuerdo al marco teórico de esta metodología, obteniéndose el siguiente resultado que se muestra en el cuadro N°29.

Cuadro N°18: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Lomas de Ventanilla - Subida.

Fuente: Elaboración Propia.

Metodo Vizir		Calculo del Indice de fisuración (If)						Calculo de Indice de Deformación (I)			Indice de Deterioro Superficial inicials	Corrección y Calculo Indice de deterioro Superficial			Categoría		
PROGRESIVA	Area de Tramo	Fisuras Longitudinales por			Piel de cocodrilo			Indice de Fisuración (If)	Ahuellamiento y otras			Densidad	Bacheo y parcheo			Indice de Deterioro Superficial	
	691.74	Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	Id	Densidad		Gravedad	Id	Densidad	Gravedad	Id
Inicio	Fin																
K2+671.8	K2+781.6	3%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K2+781.6	K2+891.4	1%	2	2	0%	1	1	0	0%	0	0	2	0%	1	0	0	2 BUENA
K2+891.4	K3+001.2	3%	2	2	0%	1	1	2	0	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K3+001.2	K3+111.0	3%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	2	0	0	2 BUENA
K3+111.0	K3+220.8	1%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	1	0	0	3 REGULAR
K3+220.8	K3+330.6	3%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	2	0	0	2 BUENA
K3+330.6	K3+440.4	0%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	1	0	0	3 REGULAR
K3+440.4	K3+550.2	2%	3	3	0%	1	1	3	0%	0	0	3	0%	2	0	0	3 REGULAR
K3+550.2	K3+660.0	1%	3	3	0%	2	2	3	0%	0	0	3	1%	2	0	0	3 REGULAR
K3+660.0	K3+769.8	5%	2	2	0	0	0	2	0%	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K3+769.8	K3+879.6	1%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	0	0	0	3 REGULAR
K3+879.6	K3+989.4	0%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	0	0	0	3 REGULAR
K3+989.4	K4+099.2	2%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	2	0	0	2 BUENA
K4+099.2	K4+209.0	0%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	3	0	0	3 REGULAR
K4+209.0	K4+318.8	1%	3	3	1%	2	2	3	0%	0	0	3	0%	3	0	0	3 REGULAR
K4+318.8	K4+428.6	4%	3	3	1%	3	3	3	0%	0	0	3	0%	2	0	0	3 REGULAR
K4+428.6	K4+465.2	0%	3	3	0%	0	0	3	0	0	0	3	0%	0	0	0	3 REGULAR

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 17 unidades de muestra, que equivalen a 49 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 41% de condición Buena y 57% de condición Regular.

Se aplicó la metodología VIZIR en el tramo del kilómetro 2+671.8 hasta el kilómetro 4+465.2 de la Vía Lomas de Ventanilla - subida, de acuerdo al marco teórico de esta metodología, obteniéndose el siguiente resultado que se muestra en el cuadro N°30.

Cuadro N°19: Índice de condición, Metodología VIZIR. Vía Lomas de Ventanilla - Bajada.

Fuente: Elaboración Propia.

Metodo Vizir		Calculo del Indice de fisuración (If)						Calculo de Indice de Deformación (I)			Indice de Deterioro Superficial inicials	Corrección y Calculo Indice de deterioro Superficial			Categoría		
PROGRESIVA	Area de Tramo	Fisuras Longitudinales por			Piel de cocodrilo			Indice de Fisuración (If)	Ahuellamiento y otras			Densidad	Bacheo y parcheo			Indice de Deterioro Superficial	
	691.74	Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	If	Densidad	Gravedad	Id	Densidad		Gravedad	Id	Densidad	Gravedad	Id
Inicio	Fin																
K2+745	K2+854.8	0%	2	2	0%	2	2	2	0	0	0	2	2%	2	0	0	2 BUENA
K2+854.8	K2+964.6	1%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K2+964.6	K3+074.4	1%	2	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K3+074.4	K3+184.2	1%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	0%	2	0	0	2 BUENA
K3+184.2	K3+294.0	1%	1	1	0%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	1	0	0	2 BUENA
K3+294.0	K3+403.8	2%	2	2	0%	2	2	2	0%	0	0	2	1%	1	0	0	2 BUENA
K3+403.8	K3+513.6	1%	3	3	2%	3	3	3	0%	0	0	3	1%	2	0	0	3 REGULAR
K3+513.6	K3+623.4	2%	2	2	0%	3	3	3	0%	0	0	3	1%	3	0	0	3 REGULAR
K3+623.4	K3+733.2	1%	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	2	1%	2	0	0	2 BUENA
K3+733.2	K3+843.0	7%	2	2	3%	2	2	2	0%	0	0	2	1%	2	0	0	2 BUENA
K3+843.0	K3+952.8	0%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	2	0	0	3 REGULAR
K3+952.8	K4+062.6	0%	3	3	0%	0	0	3	0%	0	0	3	0%	0	0	0	3 REGULAR
K4+062.6	K4+172.4	0%	2	2	1%	2	2	2	0%	0	0	2	0%	0	0	0	2 BUENA
K4+172.4	K4+245.6	0%	3	3	1%	2	2	3	0%	0	0	3	0%	0	0	0	3 REGULAR

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 14 unidades de muestra, que equivalen a 41 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 64% de condición Buena y 36% de condición Regular.

En el siguiente cuadro se visualiza los rangos y las calificaciones que presenta el método VIZIR.

Cuadro N°20: Rangos y calificación del método VIZIR.

VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5 y 7	Deficiente

Fuente: Mori Grandez, David (2018)

5.2. Método MTC.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología MTC a la Av. Pedro Beltran – Subida, Kilómetro 0+000.00 hasta el Kilómetro 4+400.00. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°16.

Cuadro N°21: Metodo MTC, Av. Pedro Beltran - Subida

AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - SUBIDA						
ZONA	No.	Inicio	Final	MTC	MTC DE LA ZONA	ESTADO DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	200.00	988.14	980	BUENO
	2	200.00	400.00	983.88		
	3	400.00	600.00	987.56		
	4	600.00	800.00	984.85		
	5	800.00	1000.00	943.98		
	6	1000.00	1200.00	966.60		
	7	1200.00	1400.00	978.21		
	8	1400.00	1600.00	993.62		
	9	1600.00	1800.00	992.97		
VENTANILLA ALTA	10	1800.00	2000.00	995.86	992	BUENO
	11	2000.00	2200.00	992.48		
	12	2200.00	2400.00	989.95		
	13	2400.00	2600.00	987.55		
	14	2600.00	2800.00	995.12		
LAS LOMAS DE VENTANILLA	15	2800.00	3000.00	996.56	993	BUENO
	16	3000.00	3200.00	996.71		
	17	3200.00	3400.00	996.36		
	18	3400.00	3600.00	994.40		
	19	3600.00	3800.00	992.80		
	20	3800.00	4000.00	991.63		
1 SOLA CALZADA	21	4000.00	4200.00	985.70	978	BUENO
	22	4200.00	4400.00	978.39		

Fuente: Mori Grandez, David (2018)

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 22 unidades de muestra, que equivalen a 122 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 100% de condición Buena y 0% de condición Regular. La unidad de muestra es de 200m, el índice de condición más bajo es de 943.98, el cual nos da un estado de bueno.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología MTC a la Av. Pedro Beltran – Bajada, Kilómetro 0+000.00 hasta el Kilómetro 4+400.00. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°17.

Cuadro N°22: Método MTC, Av. Pedro Beltran - Bajada

AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - BAJADA						
ZONA	No.	Inicio	Final	MTC	MTC DE LA ZONA	ESTADO DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	200.00	994.35	992	BUENO
	2	200.00	400.00	994.45		
	3	400.00	600.00	993.1		
	4	600.00	800.00	995.92		
	5	800.00	1000.00	994.28		
	6	1000.00	1200.00	991.45		
	7	1200.00	1400.00	987.03		
	8	1400.00	1600.00	987.58		
	9	1600.00	1800.00	992.11		
VENTANILLA ALTA	10	1800.00	2000.00	993.98	991	BUENO
	11	2000.00	2200.00	993.51		
	12	2200.00	2400.00	995		
	13	2400.00	2600.00	987.31		
	14	2600.00	2800.00	987.31		
LAS LOMAS DE VENTANILLA	15	2800.00	3000.00	991.77	987	BUENO
	16	3000.00	3200.00	993.53		
	17	3200.00	3400.00	991.82		
	18	3400.00	3600.00	971.67		
	19	3600.00	3800.00	984.94		
	20	3800.00	4000.00	993.84		
	21	4000.00	4200.00	983.36		

Fuente: Mori Grandez, David (2018)

En este cuadro podemos ver que se realizó la evaluación de 21 unidades de muestra, que equivalen a 116 unidades de muestra del PCI. Obteniéndose el resultado de 100% de condición Buena y 0% de condición Regular. La unidad de muestra es de 200m, el índice de condición más bajo es de 943.98, el cual nos da un estado de bueno.

5.3. Método PCI.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología PCI a la Urb. Ciudad Satelite - Subida, Kilómetro 0+000.00 hasta el Kilómetro 1+720.20. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°18.

Cuadro N°23: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite – Subida

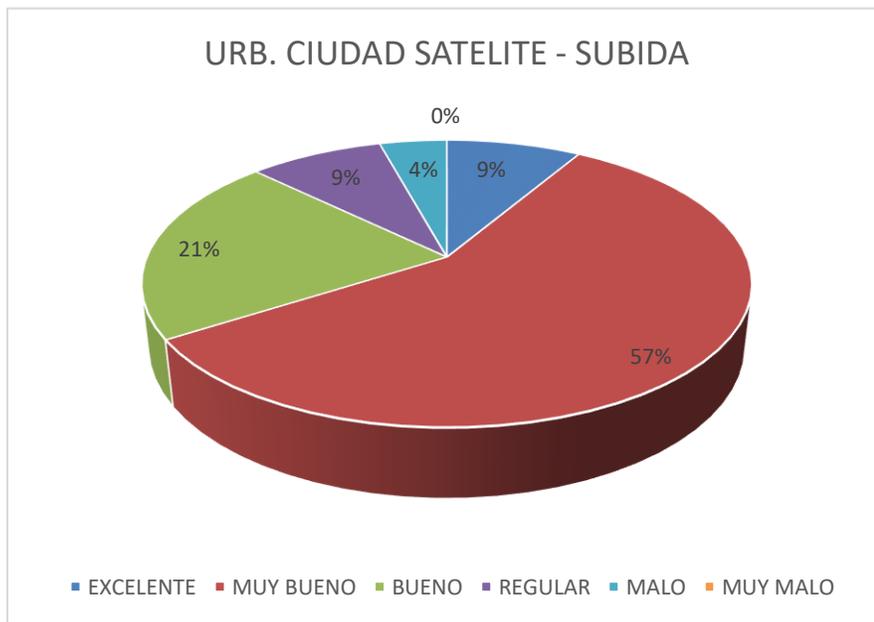
ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	36.60	77	MUY BUENO	72
	2	36.60	73.20	85	MUY BUENO	
	3	73.20	109.80	87	EXCELENTE	
	4	109.80	146.40	78	MUY BUENO	
	5	146.40	183.00	53	REGULAR	
	6	183.00	219.60	59	BUENO	
	7	219.60	256.20	76	MUY BUENO	
	8	256.20	292.80	73	MUY BUENO	
	9	292.80	329.40	64	BUENO	
	10	329.40	366.00	76	MUY BUENO	
	11	366.00	402.60	83	MUY BUENO	
	12	402.60	439.20	71	MUY BUENO	
	13	439.20	475.80	74	MUY BUENO	
	14	475.80	512.40	85	MUY BUENO	
	15	512.40	549.00	70	BUENO	
	16	549.00	585.60	79	MUY BUENO	
	17	585.60	622.20	75	MUY BUENO	
	18	622.20	658.80	68	BUENO	
	19	658.80	695.40	80	MUY BUENO	
	20	695.40	732.00	80	MUY BUENO	
	21	732.00	768.60	64	BUENO	
	22	768.60	805.20	69	BUENO	
	23	805.20	841.80	54	REGULAR	
	24	841.80	878.40	66	BUENO	
	25	878.40	915.00	72	MUY BUENO	
	26	915.00	951.60	33	MALO	
	27	951.60	988.20	32	MALO	
	28	988.20	1024.80	53	REGULAR	
	29	1024.80	1061.40	78	MUY BUENO	
	30	1061.40	1098.00	49	REGULAR	
	31	1098.00	1134.60	67	BUENO	
	32	1134.60	1171.20	57	BUENO	
	33	1171.20	1207.80	80	MUY BUENO	
	34	1207.80	1244.40	83	MUY BUENO	
	35	1244.40	1281.00	83	MUY BUENO	
	36	1281.00	1317.60	79	MUY BUENO	
	37	1317.60	1354.20	59	BUENO	
	38	1354.20	1390.80	81	MUY BUENO	
	39	1390.80	1427.40	79	MUY BUENO	
	40	1427.40	1464.00	74	MUY BUENO	
	41	1464.00	1500.60	74	MUY BUENO	
	42	1500.60	1537.20	93	EXCELENTE	
	43	1537.20	1573.80	90	EXCELENTE	
	44	1573.80	1610.40	73	MUY BUENO	
	45	1610.40	1647.00	73	MUY BUENO	
	46	1647.00	1683.60	79	MUY BUENO	
	47	1683.60	1720.20	88	EXCELENTE	

Fuente: Mori Grandez, David Jhonatan, (2018)

Este cuadro nos indica que se usaron 47 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 93 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 32 teniendo un estado calificado como “Malo”.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°1, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Urb. Ciudad Satélite - Subida

Gráfico N°1: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite - Subida



Elaboración propia

En este gráfico podemos ver que, de las 47 unidades de muestra, se obtuvo que el 9% tiene condición Excelente, 57% tiene condición Muy Buena, 21% condición Buena, 9% condición Regular, 4% condición Malo, 0% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 72, que nos da un índice de condición Muy Bueno.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología PCI a la Urb. Ciudad Satelite - Subida, Kilómetro 1+720.20 hasta el Kilómetro 2+671.80. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°19.

Cuadro N°24: Método PCI, Ventanilla Alta – Subida

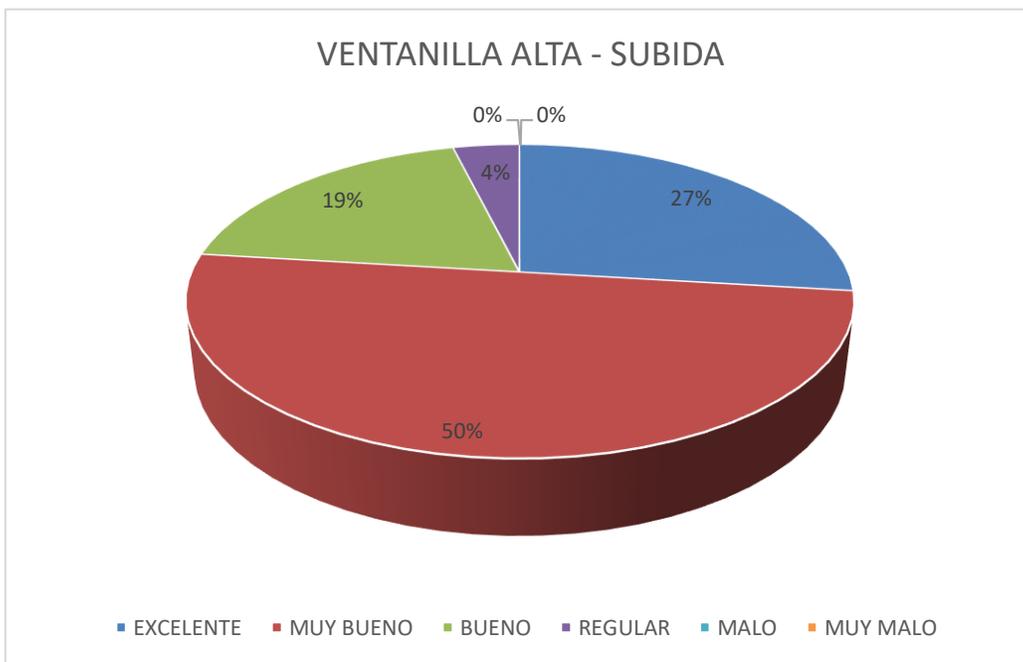
Fuente: Mori Grandez, David Jhonatan, (2018)

AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - SUBIDA						
ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	PCI DE LA ZONA	ESTADO DE LA ZONA
VENTANILLA ALTA	48	1720.20	1756.80	82	79	MUY BUENO
	49	1756.80	1793.40	82		
	50	1793.40	1830.00	84		
	51	1830.00	1866.60	88		
	52	1866.60	1903.20	98		
	53	1903.20	1939.80	88		
	54	1939.80	1976.40	88		
	55	1976.40	2013.00	88		
	56	2013.00	2049.60	91		
	57	2049.60	2086.20	83		
	58	2086.20	2122.80	83		
	59	2122.80	2159.40	80		
	60	2159.40	2196.00	77		
	61	2196.00	2232.60	84		
	62	2232.60	2269.20	80		
	63	2269.20	2305.80	53		
	64	2305.80	2342.40	65		
	65	2342.40	2379.00	65		
	66	2379.00	2415.60	85		
	67	2415.60	2452.20	69		
	68	2452.20	2488.80	83		
	69	2488.80	2525.40	81		
	70	2525.40	2562.00	81		
71	2562.00	2598.60	55			
72	2598.60	2635.20	56			
73	2635.20	2671.80	88			

Este cuadro nos indica que se usaron 26 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 98 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 53 teniendo un estado calificado como “Regular”.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°2, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Ventanilla Alta - Subida

Gráfico N°2: Método PCI, Ventanilla Alta – Subida



Elaboración Propia

En este gráfico podemos ver que, de las 26 unidades de muestra, se obtuvo que el 27% tiene condición Excelente, 50% tiene condición Muy Buena, 19% condición Buena, 9% condición Regular, 0% condición Malo, 0% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 79, que nos da un índice de condición Muy Bueno.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grande, David, que aplicó la metodología PCI a la Urb. Ciudad Satelite - Subida, Kilómetro 2+671.80 hasta el Kilómetro 4+465.20 Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°20.

Cuadro N°25: Método PCI, Lomas de Ventanilla – Subida

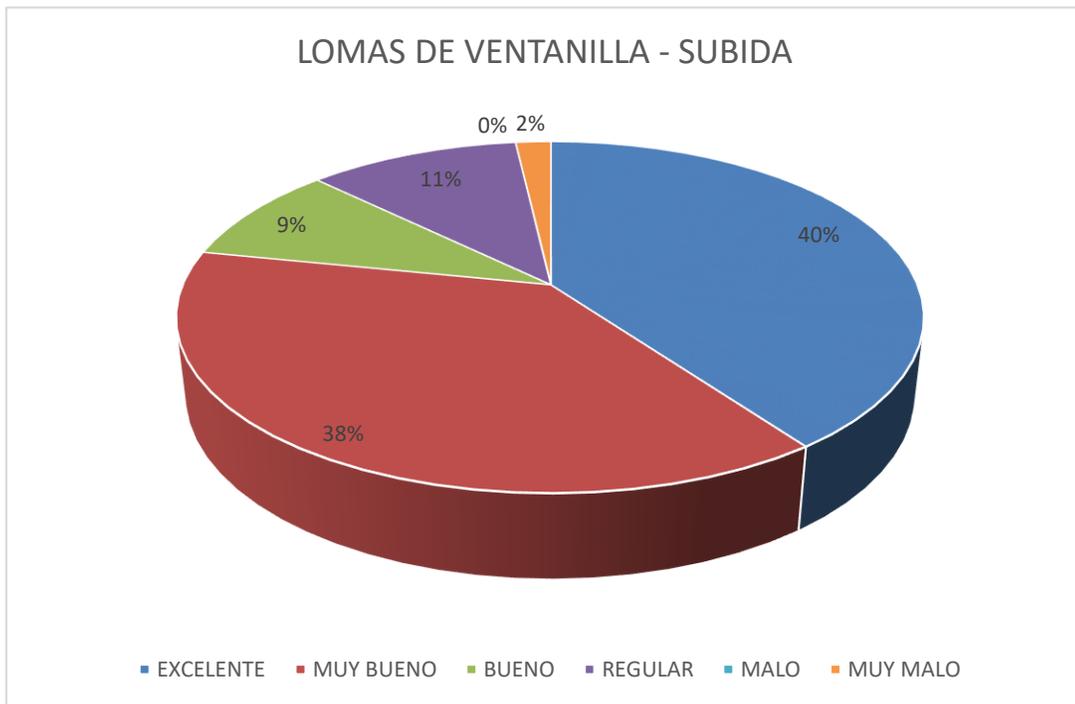
Fuente: Mori Grande, David Jhonatan, (2018)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA	74	2671.80	2708.40	83	MUY BUENO	81
	75	2708.40	2745.00	94	EXCELENTE	
	76	2745.00	2781.60	91	EXCELENTE	
	77	2781.60	2818.20	83	MUY BUENO	
	78	2818.20	2854.80	95	EXCELENTE	
	79	2854.80	2891.40	87	EXCELENTE	
	80	2891.40	2928.00	87	EXCELENTE	
	81	2928.00	2964.60	85	MUY BUENO	
	82	2964.60	3001.20	91	EXCELENTE	
	83	3001.20	3037.80	94	EXCELENTE	
	84	3037.80	3074.40	85	MUY BUENO	
	85	3074.40	3111.00	88	EXCELENTE	
	86	3111.00	3147.60	95	EXCELENTE	
	87	3147.60	3184.20	86	EXCELENTE	
	88	3184.20	3220.80	77	MUY BUENO	
	89	3220.80	3257.40	73	MUY BUENO	
	90	3257.40	3294.00	73	MUY BUENO	
	91	3294.00	3330.60	85	MUY BUENO	
	92	3330.60	3367.20	85	MUY BUENO	
	93	3367.20	3403.80	81	MUY BUENO	
	94	3403.80	3440.40	98	EXCELENTE	
	95	3440.40	3477.00	74	MUY BUENO	
	96	3477.00	3513.60	74	MUY BUENO	
	97	3513.60	3550.20	75	MUY BUENO	
	98	3550.20	3586.80	75	MUY BUENO	
	99	3586.80	3623.40	71	MUY BUENO	
	100	3623.40	3660.00	69	BUENO	
	101	3660.00	3696.60	69	BUENO	
102	3696.60	3733.20	90	EXCELENTE		
103	3733.20	3769.80	82	MUY BUENO		
104	3769.80	3806.40	83	MUY BUENO		
105	3806.40	3843.00	81	MUY BUENO		
106	3843.00	3879.60	81	MUY BUENO		
107	3879.60	3916.20	79	MUY BUENO		
108	3916.20	3952.80	79	MUY BUENO		
109	3952.80	3989.40	52	REGULAR		
110	3989.40	4026.00	79	MUY BUENO		
111	4026.00	4062.60	80	MUY BUENO		
112	4062.60	4099.20	90	EXCELENTE		
113	4099.20	4135.80	90	EXCELENTE		
114	4135.80	4172.40	51	REGULAR		
AV. PEDRO BELTRAN RECORRIDO - SUBIDA						
ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA 1 SOLA CALZADA	115	4172.40	4209.00	52	REGULAR	47
	116	4209.00	4245.60	48	REGULAR	
	117	4245.60	4282.20	47	REGULAR	
	118	4282.20	4318.80	62	BUENO	
	119	4318.80	4355.40	40	MALO	
	120	4355.40	4392.00	70	MUY MALO	
	121	4392.00	4428.60	55	REGULAR	
122	4428.60	4465.20	55	REGULAR		

Este cuadro nos indica que se usaron 49 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 96 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 20 teniendo un estado calificado como “Muy malo”, siendo este último del tramo de 1 sola calzada.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°3, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Ventanilla Alta - Subida

Gráfico N°3: Método PCI, Lomas de Ventanilla – Subida



Elaboración Propia

En este gráfico podemos ver que, de las 49 unidades de muestra, se obtuvo que el 40% tiene condición Excelente, 38% tiene condición Muy Buena, 9% condición Buena, 11% condición Regular, 0% condición Malo, 2% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 81 que indica el estado de “Muy

Bueno” en el tramo con 2 calzadas y en el tramo de 1 calzada el promedio de índice de condición es 47 que indica el estado de “Regular”.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología PCI a la Urb. Ciudad Satelite - Subida, Kilómetro 0+000.00 hasta el Kilómetro 1+793.40. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°21.

Cuadro N°26: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite – Bajada

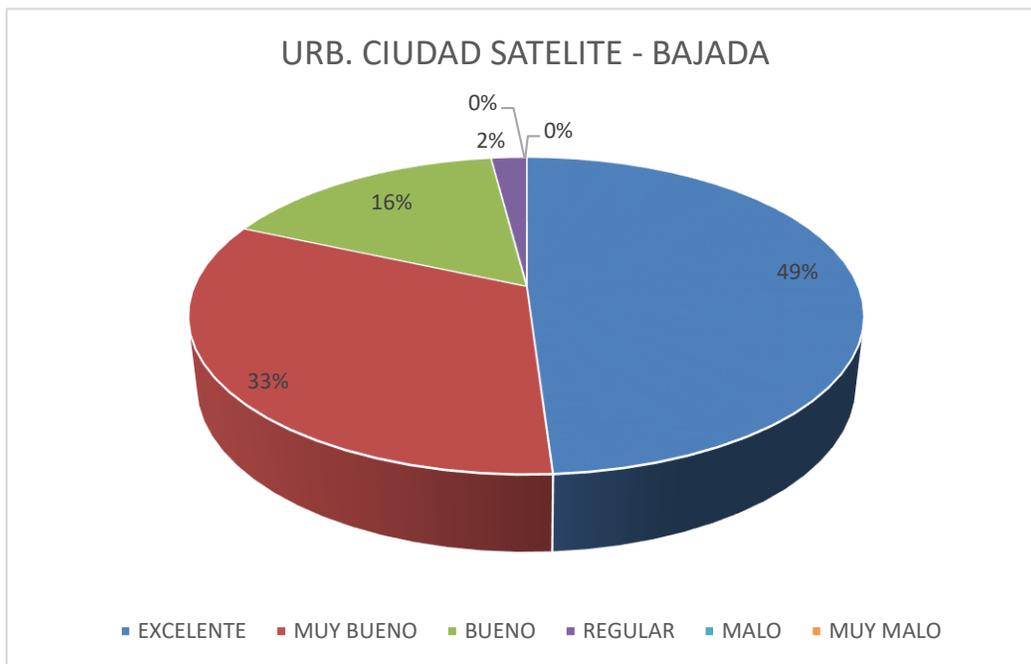
ZONA	Nº.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
URB. CIUDAD SATELITE	1	0.00	36.60	63	BUENO	82
	2	36.60	73.20	88	EXC ELENTE	
	3	73.20	109.80	87	EXC ELENTE	
	4	109.80	146.40	98	EXC ELENTE	
	5	146.40	183.00	88	EXC ELENTE	
	6	183.00	219.60	88	EXC ELENTE	
	7	219.60	256.20	97	EXC ELENTE	
	8	256.20	292.80	85	MUY BUENO	
	9	292.80	329.40	87	EXC ELENTE	
	10	329.40	366.00	98	EXC ELENTE	
	11	366.00	402.60	62	BUENO	
	12	402.60	439.20	97	EXC ELENTE	
	13	439.20	475.80	98	EXC ELENTE	
	14	475.80	512.40	60	BUENO	
	15	512.40	549.00	60	BUENO	
	16	549.00	585.60	97	EXC ELENTE	
	17	585.60	622.20	95	EXC ELENTE	
	18	622.20	658.80	91	EXC ELENTE	
	19	658.80	695.40	96	EXC ELENTE	
	20	695.40	732.00	80	MUY BUENO	
	21	732.00	768.60	80	MUY BUENO	
	22	768.60	805.20	88	EXC ELENTE	
	23	805.20	841.80	88	EXC ELENTE	
	24	841.80	878.40	78	MUY BUENO	
	25	878.40	915.00	83	MUY BUENO	
	26	915.00	951.60	76	MUY BUENO	
	27	951.60	988.20	84	MUY BUENO	
	28	988.20	1024.80	97	EXC ELENTE	
	29	1024.80	1061.40	90	EXC ELENTE	
	30	1061.40	1098.00	73	MUY BUENO	
	31	1098.00	1134.60	83	MUY BUENO	
	32	1134.60	1171.20	94	EXC ELENTE	
	33	1171.20	1207.80	94	EXC ELENTE	
	34	1207.80	1244.40	95	EXC ELENTE	
	35	1244.40	1281.00	81	MUY BUENO	
	36	1281.00	1317.60	63	BUENO	
	37	1317.60	1354.20	55	REGULAR	
	38	1354.20	1390.80	75	MUY BUENO	
	39	1390.80	1427.40	82	MUY BUENO	
	40	1427.40	1464.00	82	MUY BUENO	
	41	1464.00	1500.60	64	BUENO	
	42	1500.60	1537.20	55	REGULAR	
	43	1537.20	1573.80	73	MUY BUENO	
	44	1573.80	1610.40	85	MUY BUENO	
	45	1610.40	1647.00	78	MUY BUENO	
	46	1647.00	1683.60	42	REGULAR	
	47	1683.60	1720.20	86	EXC ELENTE	
	48	1720.20	1756.80	84	MUY BUENO	
	49	1756.80	1793.40	80	MUY BUENO	

Fuente: Mori Grandez, David Jhonatan, (2018)

Este cuadro nos indica que se usaron 49 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 98 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 42 teniendo un estado calificado como “Regular”.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°4, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Urb. Ciudad Satélite – Bajada.

Gráfico N°4: Método PCI, Urb. Ciudad Satélite - Bajada



Elaboración Propia.

En este gráfico podemos ver que, de las 49 unidades de muestra, se obtuvo que el 49% tiene condición Excelente, 33% tiene condición Muy Buena, 16% condición Buena, 2% condición Regular, 0% condición Malo, 0% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 82, que nos da un índice de condición Muy Bueno.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología PCI al tramo Ventanilla Alta - Bajada, Kilómetro 1+793.4 hasta el Kilómetro 2+745.0. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°22.

Cuadro N°27: Método PCI, Ventanilla Alta – Bajada

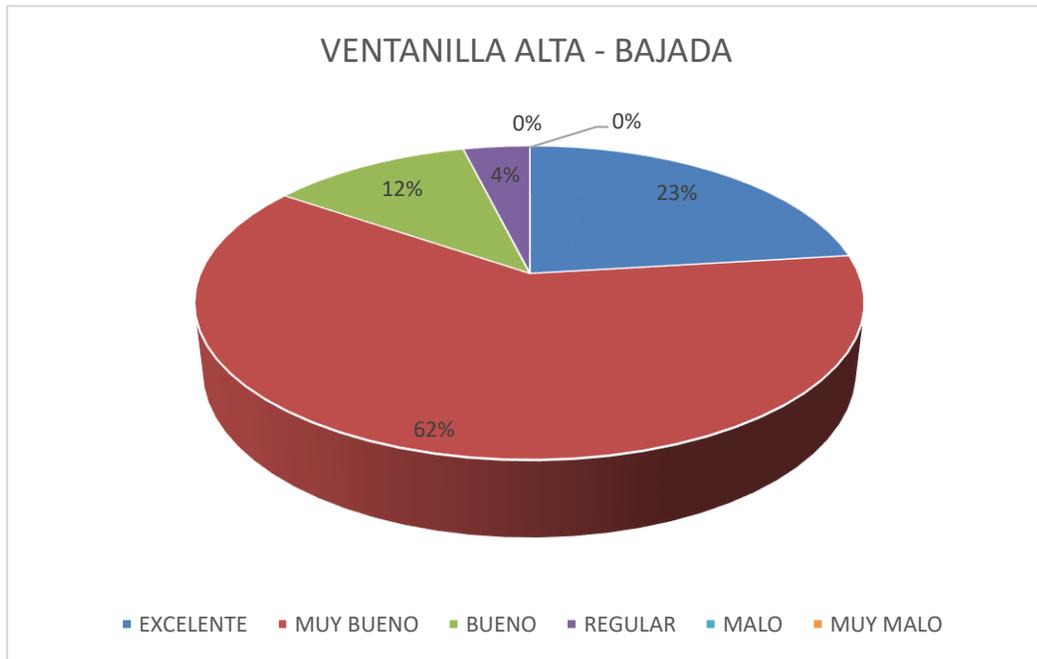
ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
VENTANILLA ALTA	50	1793.40	1830.00	83	MUY BUENO	81
	51	1830.00	1866.60	81	MUY BUENO	
	52	1866.60	1903.20	79	MUY BUENO	
	53	1903.20	1939.80	82	MUY BUENO	
	54	1939.80	1976.40	83	MUY BUENO	
	55	1976.40	2013.00	85	MUY BUENO	
	56	2013.00	2049.60	82	MUY BUENO	
	57	2049.60	2086.20	80	MUY BUENO	
	58	2086.20	2122.80	83	MUY BUENO	
	59	2122.80	2159.40	82	MUY BUENO	
	60	2159.40	2196.00	79	MUY BUENO	
	61	2196.00	2232.60	85	MUY BUENO	
	62	2232.60	2269.20	85	MUY BUENO	
	63	2269.20	2305.80	90	EXCELENTE	
	64	2305.80	2342.40	97	EXCELENTE	
	65	2342.40	2379.00	92	EXCELENTE	
	66	2379.00	2415.60	83	MUY BUENO	
	67	2415.60	2452.20	83	MUY BUENO	
	68	2452.20	2488.80	86	EXCELENTE	
	69	2488.80	2525.40	80	MUY BUENO	
	70	2525.40	2562.00	62	BUENO	
	71	2562.00	2598.60	62	BUENO	
	72	2598.60	2635.20	47	REGULAR	
	73	2635.20	2671.80	56	BUENO	
	74	2671.80	2708.40	97	EXCELENTE	
	75	2708.40	2745.00	97	EXCELENTE	

Fuente: Mori Grandez, David Jhonatan, (2018)

Este cuadro nos indica que se usaron 26 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 97 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 47 teniendo un estado calificado como “Regular”.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°5, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Ventanilla Alta – Bajada.

Gráfico N°5: Método PCI, Ventanilla Alta - Bajada



Elaboración Propia.

En este gráfico podemos ver que, de las 26 unidades de muestra, se obtuvo que el 23% tiene condición Excelente, 62% tiene condición Muy Buena, 12% condición Buena, 4% condición Regular, 0% condición Malo, 0% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 81, que nos da un índice de condición Muy Bueno.

Utilizando los Resultados de la tesis Mori Grandez, David, que aplicó la metodología PCI al tramo Las Lomas de Ventanilla - Bajada, Kilómetro 2+745.00 hasta el Kilómetro 4+4245.00. Se obtuvieron los siguientes resultados descritos en el cuadro N°23.

Cuadro N°28: Método PCI, Las Lomas de Ventanilla – Bajada

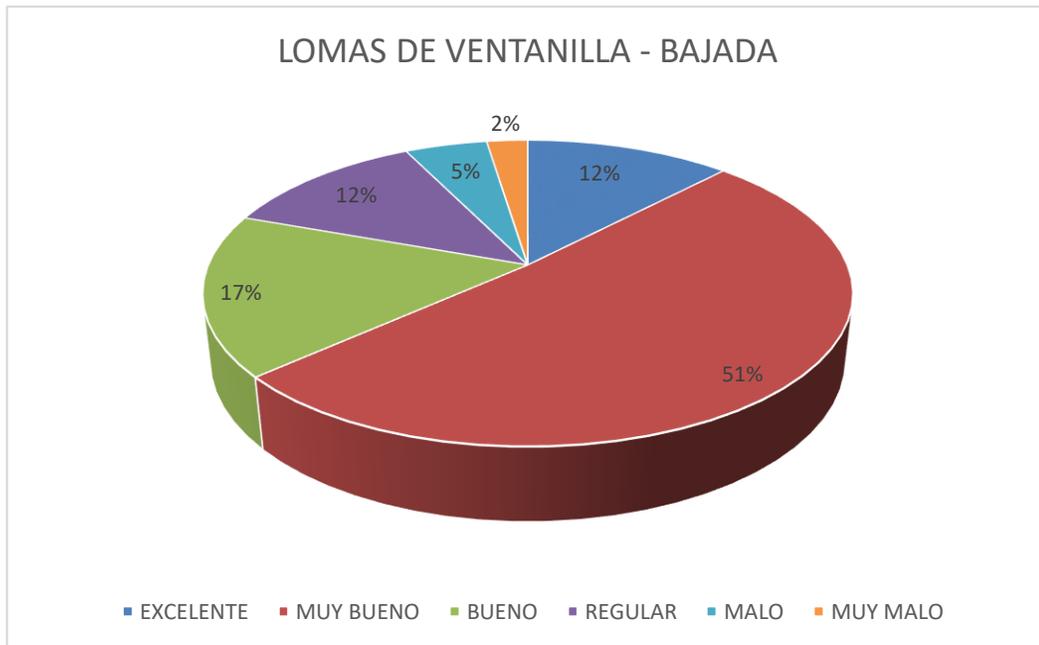
Fuente: Mori Grandez, David Jhonatan, (2018)

ZONA	No.	Inicio	Final	PCI	ESTADO	PCI DE LA ZONA
LAS LOMAS DE VENTANILLA	76	2745.00	2781.60	75	MUY BUENO	70
	77	2781.60	2818.20	97	EXCELENTE	
	78	2818.20	2854.80	72	MUY BUENO	
	79	2854.80	2891.40	58	BUENO	
	80	2891.40	2928.00	58	BUENO	
	81	2928.00	2964.60	76	MUY BUENO	
	82	2964.60	3001.20	76	MUY BUENO	
	83	3001.20	3037.80	78	MUY BUENO	
	84	3037.80	3074.40	80	MUY BUENO	
	85	3074.40	3111.00	83	MUY BUENO	
	86	3111.00	3147.60	84	MUY BUENO	
	87	3147.60	3184.20	79	MUY BUENO	
	88	3184.20	3220.80	97	EXCELENTE	
	89	3220.80	3257.40	79	MUY BUENO	
	90	3257.40	3294.00	67	BUENO	
	91	3294.00	3330.60	75	MUY BUENO	
	92	3330.60	3367.20	77	MUY BUENO	
	93	3367.20	3403.80	77	MUY BUENO	
	94	3403.80	3440.40	77	MUY BUENO	
	95	3440.40	3477.00	21	MUY MALO	
	96	3477.00	3513.60	29	MUY MALO	
	97	3513.60	3550.20	35	MALO	
	98	3550.20	3586.80	48	REGULAR	
	99	3586.80	3623.40	52	REGULAR	
	100	3623.40	3660.00	78	MUY BUENO	
	101	3660.00	3696.60	97	EXCELENTE	
	102	3696.60	3733.20	78	MUY BUENO	
	103	3733.20	3769.80	49	REGULAR	
	104	3769.80	3806.40	50	REGULAR	
	105	3806.40	3843.00	52	REGULAR	
	106	3843.00	3879.60	82	MUY BUENO	
	107	3879.60	3916.20	79	MUY BUENO	
	108	3916.20	3952.80	80	MUY BUENO	
	109	3952.80	3989.40	91	EXCELENTE	
	110	3989.40	4026.00	85	MUY BUENO	
	111	4026.00	4062.60	98	EXCELENTE	
	112	4062.60	4099.20	56	BUENO	
	113	4099.20	4135.80	61	BUENO	
	114	4135.80	4172.40	58	BUENO	
	115	4172.40	4209.00	58	BUENO	
	116	4209.00	4245.60	75	MUY BUENO	

Este cuadro nos indica que se usaron 41 unidades de muestra, con una longitud de 36.60m por cada unidad de muestra, el índice de condición más alto es de 98 teniendo un estado calificado como “Excelente”, mientras que el índice más bajo es 21 teniendo un estado calificado como “Muy Malo”.

Del cuadro anterior, se utilizaron los índices de condición y los estados de cada unidad de muestra para hacer el gráfico N°6, el cual nos ayudará con la comparación de metodologías, el siguiente gráfico describe el porcentaje de cada estado de las unidades de muestra en el tramo Ventanilla Alta – Bajada.

Gráfico N°6: Método PCI, Las Lomas de Ventanilla - Bajada



Elaboración Propia.

En este gráfico podemos ver que, de las 41 unidades de muestra, se obtuvo que el 12% tiene condición Excelente, 51% tiene condición Muy Buena, 17% condición Buena, 12% condición Regular, 5% condición Malo, 2% condición Muy Malo. La unidad de muestra es de 36.6m, y el índice de condición promedio es 70, que nos da un índice de condición Muy Bueno.

Cuadro N°29: Rangos y calificación del método VIZIR.

PCI	
RANGO	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
20 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Elaboración Propia.

5.4. Comparación.

- El manual del PCI presenta 19 tipos de fallas para poder ser evaluadas en un pavimento de asfáltico, El método VIZIR toma en cuenta solo 6 fallas
- El manual de mantenimiento o conservación vial del MTC presenta 11 tipos de fallas, con lo cual el manual del PCI considera fallas importantes las cuales no están establecidas en el manual del MTC, tales como agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, corrugación, grieta de reflexión de junta, pulimiento de agregados, cruce de vía férrea, grieta parabólica e hinchamiento.
- La metodología PCI detalla con mayor precisión la condición de las muestras debido a que en algunas ha calificado en condición de Malas, Muy Malas y Regular.
- En la metodología VIZIR, solo tenemos las categorías de “bueno”, “Regular” y “deficiente”, también el método MTC tiene 3 categorías similares, lo que nos lleva a la conclusión de que el método PCI es más específico al momento de la calificación del índice de condición, en el siguiente cuadro se puede ver las categorías de cada metodología y la diferencia en calificaciones del método PCI.

Cuadro N°30: Rangos y Calificación de los métodos PCI, VIZIR y MTC.

PCI		VIZIR		MTC	
RANGO	Calificación	RANGO	Calificación	RANGO	Calificación
100 - 85	Excelente	1 y 2	Bueno	100 - 800	Bueno
85 - 70	Muy Bueno	3 y 4	Regular	800 - 300	Regular
70 - 55	Bueno	5 y 7	Deficiente	300 - 0	malo
55 - 40	Regular				
40 - 25	Malo				
25 - 10	Muy Malo				
10 - 0	Fallado				

Elaboración propia.

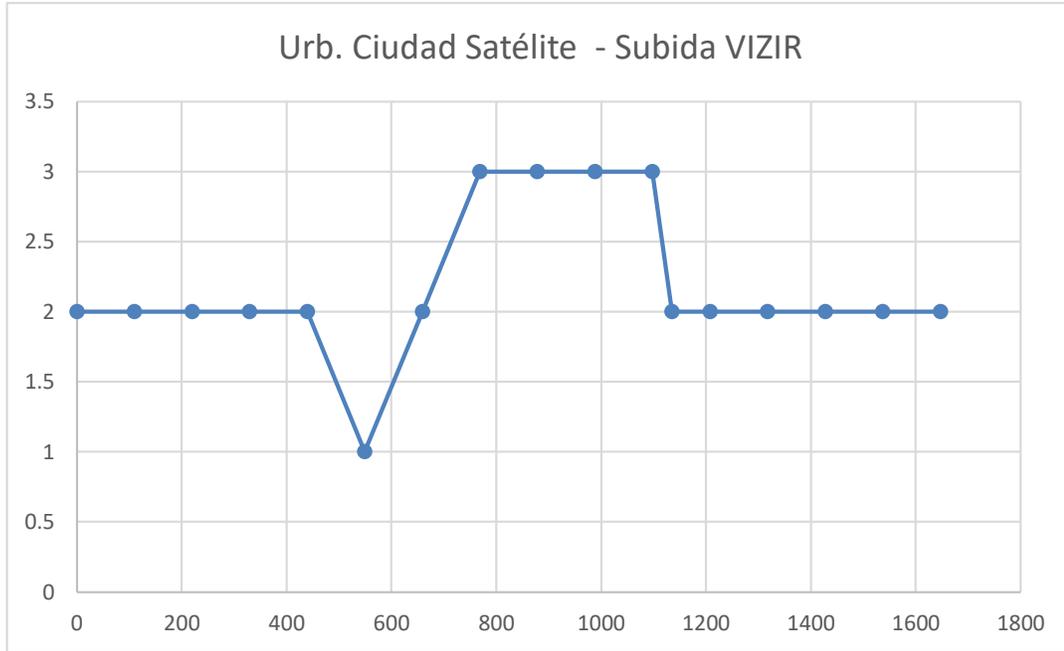
- El método VIZIR es un sistema que se identifica por dar una codificación originaria de 2 tipologías de perjuicios Tipo B daños funcionales y Tipo A daños estructurales

mientras que el PCI se establece en las consecuencias de una compilación visual de la circunstancia del pavimento en el cual se establecen para conseguir un índice de la entereza estructural del pavimento y de la situación estratégica de la superficie.

- El método VIZIR difiere del PCI en que es usado únicamente en pavimentos asfálticos, del mismo modo en la evaluación del pavimento no considera las fallas funcionales solo considera las fallas del tipo estructural.
- En la metodología seguida por el VIZIR considera que es necesaria la de 100 m para su análisis, mientras que para el método PCI, necesita una fórmula para determinar las unidades de muestreo, saliendo de ahí su longitud de muestra que debe usar.
- Al comparar la clasificación entre el método VIZIR y MTC, los 2 métodos tienen muchas similitudes, empezando por los resultados de estos 2 métodos. Una de las diferencias es que el método MTC considera una unidad de muestra de 200 metros, mientras que el método VIZIR, considera una de 100 metros, resultando así en el método MTC 22 unidades de muestra en la subida y 21 unidades de muestra en la bajada y en el método VIZIR son 43 unidades de muestra en la subida y 40 unidades de muestra en la bajada.
- En los siguientes gráficos se pueden observar la relación, progresiva, índice de condición, para poder conocer mejor la relación que puede o no existir entre el método VIZIR y PCI.

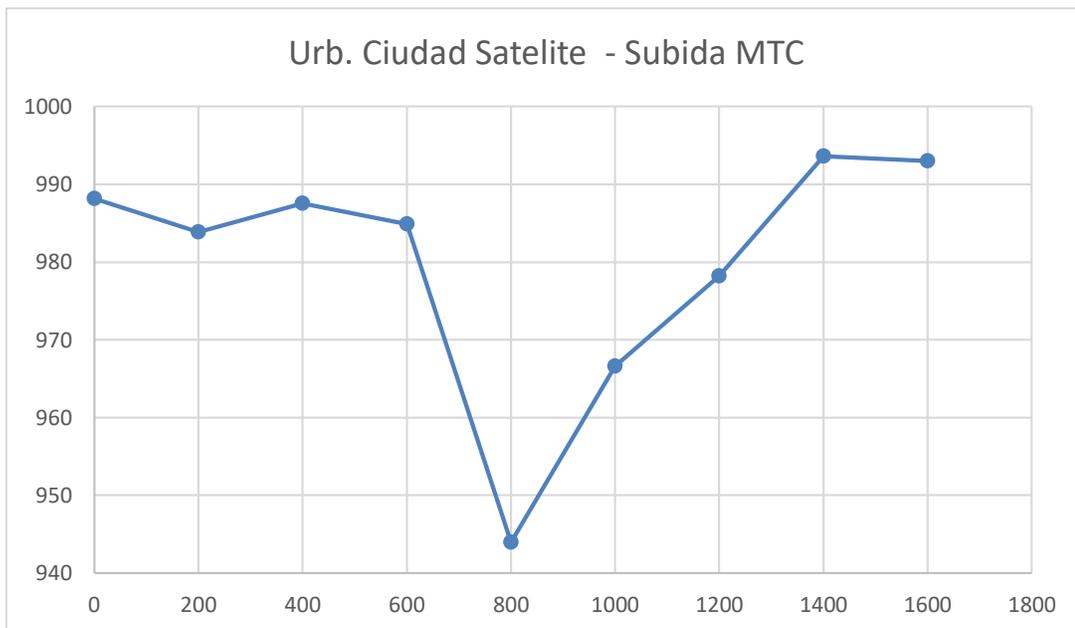
Gráfico N°7: Método VIZIR, Urb. Ciudad Satélite - Subida

Elaboración propia.



En los gráficos del método VIZIR, se puede observar que el índice de condición más alto es 3, el cual nos indica que mientras más elevado sea el índice de condición, más reparaciones se tendrán que hacer.

Gráfico N°8: Método MTC, Urb. Ciudad Satélite – Subida



Elaboración propia.

- En estos gráficos podemos comparar los resultados de las 2 metodologías, uno de las características al comparar estos resultados es que los 2 gráficos, para tener una relación mayor, deben ser de manera invertida, es decir, si el método VIZIR tiene un índice de condición alto, se debe reflejar en un índice de condición bajo para el método MTC, siguiendo este concepto, tomando un tramo como ejemplo, en el gráfico N°8, en la progresiva 0+800.00 en el método MTC el índice de condición es 944, y el índice de condición en el método VIZIR es 3, lo cual nos ayuda a entender que están relacionados los 2 métodos.
- Otra diferencia entre estos 2 métodos es que el método MTC, en la Av. Pedro Beltrán, obtiene en todos sus tramos una calificación de “BUENO”, mientras que la metodología VIZIR, cuenta con algunos elementos en estado “Regular”, Uno de los factores que afectan estos resultados son por la diferencia entre la longitud de la unidad de muestra entre estos 2 métodos, dándonos a entender que el método VIZIR tiene una mejor precisión en este caso, Lo que demuestra y refuerza el motivo por el que el método mejor aceptado por la cercanía de sus resultados con la realidad es el método PCI, que evalúa mayor cantidad de secciones con menor longitud de muestra.
- En el gráfico N°9 se puede apreciar de mejor manera las comparaciones por cada tramo, tanto en subida como en bajada para el método VIZIR y MTC:
- En el siguiente Cuadro, se asimilan los diferentes estados de condición de cada método para distribuirlos en 3 clasificaciones, las cuales serán Bueno, Regular y Deficiente.

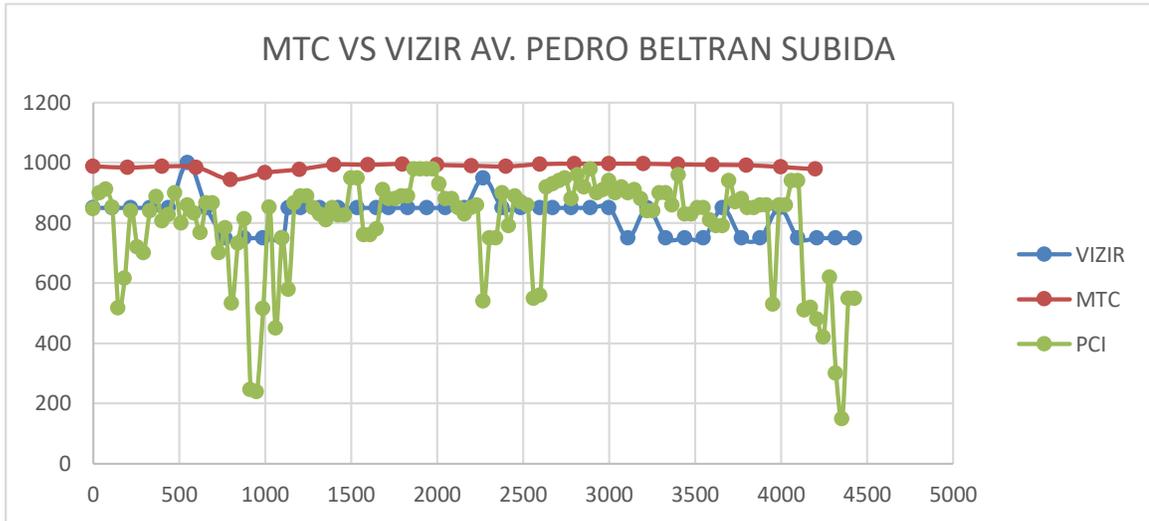
Cuadro N°31: Comparación de calificación entre los métodos PCI, VIZIR y MTC.

Calificación	VIZIR	PCI	MTC
Bueno	1 - 2	80 - 100	800 - 1000
Regular	3 - 4	30 - 79	300 - 800
Deficiente	5 - 7	0 - 39	0 - 300

Elaboración Propia.

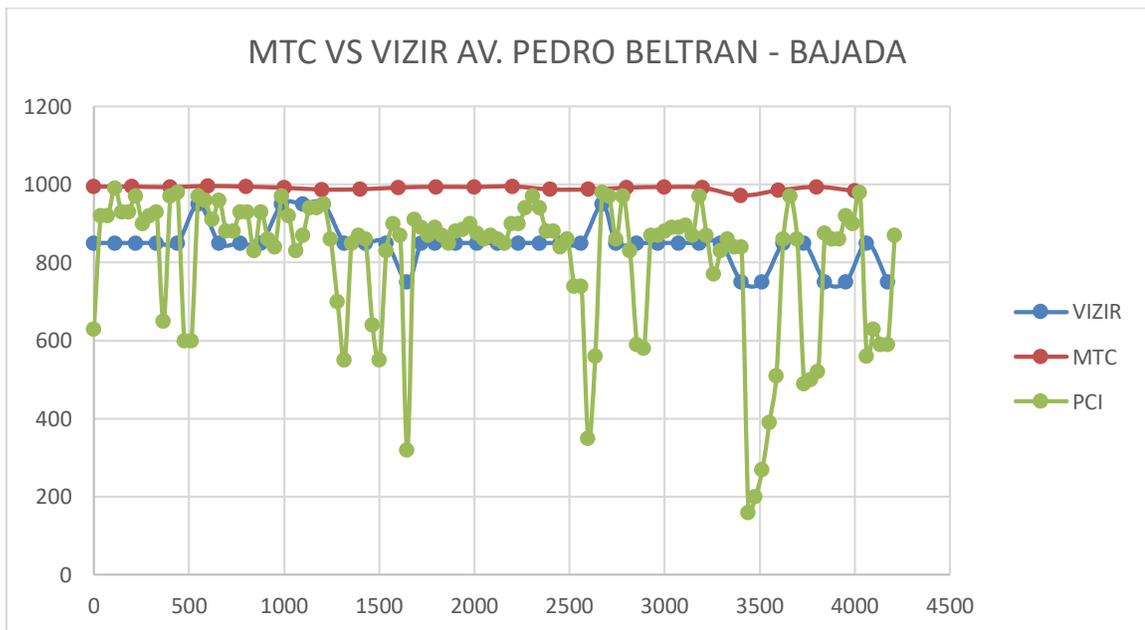
- Siguiendo el cuadro N°31, se hace una representación ajustando los índices de condición de los métodos VIZIR y PCI, al método MTC, para poder visualizar una mejor comparación, las cuales encontramos en los gráficos N°9 y N°10.

Gráfico N°9: MTC vs VIZIR AV. Pedro Beltrán - Subida



Elaboración Propia

Gráfico N°10: MTC vs VIZIR AV. Pedro Beltrán – Bajada



Elaboración Propia

- En los graficos N°9 y N°10 se puede apreciar que el método MTC, es casi una línea recta sin muchas depresiones en los índices de condición, a diferencia del método PCI, que cuenta con varias depresiones y que el método VIZIR se asemeja en cierta forma en la cantidad de depresiones, aunque son menores que el PCI, pero se puede apreciar que el método PCI representa de mejor manera la condición de la AV. Pedro Beltran, siguiéndole el método VIZIR, esto puede deberse a la diferencia en la longitud de la unidad de muestra para cada método y las fallas consideradas por cada método, como lo explicado anteriormente.

Se presenta la comparación de los métodos VIZIR y PCI por la prueba del Chi Cuadrado. En la AV. Pedro Beltrán, el análisis para la prueba Chi Cuadrado se muestra en el cuadro N°32.

Cuadro N°32: Comparación método VIZIR y PCI con prueba de Chi Cuadrado.

RELACIÓN VIZIR Y PCI				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	187	55	6	248
VIZIR	63	20	0	83
TOTAL	250	75	6	331
	0.75528701	0.2265861	0.01812689	1
ESPERADOS	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	187.311178	56.1933535	4.49546828	248
VIZIR	62.6888218	18.8066465	1.50453172	83
TOTAL	250	75	6	331
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	0.00051696	0.02534272	0.50353279	0.52939247
VIZIR	0.00154464	0.07572283	1.50453172	1.5817992
TOTAL	0.0020616	0.10106555	2.00806452	2.11119167

Elaboración Propia.

Del cuadro N°32, se calcula los siguiente:

Grado de libertad = 2

Chi Tabla = 5.9915

P=0.35

Chi prueba = 2.1112

Se concluye que: Chi Prueba < Chi Tabla.

Significa que el método VIZIR no tiene relación con el Método PCI.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

Hipótesis Secundaria 1

H₁: Determinando que el índice de condición del método MTC es similar al índice de condición del método VIZIR, entonces se considera el método MTC, confiable.

H₀: Determinando que el índice de condición del método MTC no es similar al índice de condición del método VIZIR, entonces se considera el método MTC, no confiable.

Aplicando la metodología del MTC en los tramos de la AV. Pedro Beltran, tanto subida como bajada, los resultados fueron 100% bueno.

Aplicando la metodología VIZIR en los tramos de la AV. Pedro Beltran, los resultados se muestran en el cuadro N°31.

Cuadro N°33: Calificación del método VIZIR en la Av. Pedro Beltran.

CALIFICACIÓN	METODO VIZIR					
	VIA SATELITE		VENTANILLA ALTA		LOMAS DE VENTANILLA	
	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
BUENO	76.47%	94%	100%	100%	41%	64%
REGULAR	23.53%	6%	0	0	59%	36%
DEFICIENTE	0	0	0	0	0	0

Elaboración propia.

Comparando los resultados de los métodos MTC y VIZIR, se puede apreciar que existe diferencia en la precisión de calificación de índice de condición, al encontrar estas diferencias en los índices de condición de cada método podemos decir que los resultados del método VIZIR son diferentes a los del método MTC, siguiendo esta premisa, se puede concluir que el método MTC no es confiable. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se valida la hipótesis nula.

En el tramo de la Vía Satélite, el análisis para la prueba chi cuadrado se muestra en el cuadro N°34.

Cuadro N°34: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.

SATELITE SUBIDA Y BAJADA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	29	5	0	34
MTC	18	0	0	18
TOTAL	47	5	0	52
	0.90384615	0.09615385	0	1
ESPERADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	30.7307692	3.26923077	0	34
MTC	16.2692308	1.73076923	0	18
TOTAL	47	5	0	52
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	0.09747762	0.91628959	0	1.01376721
MTC	0.18412439	1.73076923	0	1.91489362
TOTAL	0.281602	2.64705882	0	2.92866083

Elaboración Propia.

Del cuadro N°34, calcula los siguiente:

Grado de libertad = 1

Usaremos el Cuadro N°35 para hallar el Chi Cuadrado de la tabla y compararlo con la prueba.

Cuadro N°35: Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Fuente: Castellar, R., & Zapata, F. (2009)

Chi Tabla = 3.84

$$P_{\text{prueba}}=0.09$$

$$\text{Chi prueba} = 2.9286$$

Se concluye que: Chi Prueba < Chi Tabla.

Significa que el método MTC no tiene relación con el Método VIZIR, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y se valida la Hipótesis Nula.

En el tramo de Ventanilla Alta, el análisis para la prueba Chi cuadrado se muestra en el cuadro N°36.

Cuadro N°36: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.

VENTANILLA ALTA BAJADA Y SUBIDA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	18	0	0	18
MTC	10	0	0	10
TOTAL	28	0	0	28
	1	0	0	1
ESPERADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	18	0	0	18
MTC	10	0	0	10
TOTAL	28	0	0	28

Elaboración Propia.

Del cuadro N°35 y N°36, se calcula los siguiente:

$$\text{Grado de libertad} = 1$$

$$\text{Chi Tabla} = 3.84$$

$$P=1.00$$

$$\text{Chi prueba} = 0$$

Se concluye que: Chi Prueba > Chi Tabla.

Significa que el método MTC tiene relación con el Método VIZIR, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula y se valida la Hipótesis alterna.

En el tramo de Lomas de Ventanilla, el análisis para la prueba chi cuadrado se muestra en el cuadro N°37.

Cuadro N°37: Comparación método MTC y VIZIR con prueba de Chi Cuadrado.

LOMAS DE VENTANILLA SUBIDA Y BAJADA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	16	15	0	31
MTC	15	0	0	15
TOTAL	31	15	0	46
	0.67391304	0.32608696	0	1
ESPERADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	20.8913043	10.1086957	0	31
MTC	10.1086957	4.89130435	0	15
TOTAL	31	15	0	46
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
VIZIR	1.14520653	2.36676017	0	3.5119667
MTC	2.36676017	4.89130435	0	7.25806452
TOTAL	3.5119667	7.25806452	0	10.7700312

Elaboración Propia.

Del cuadro N°35 y 37, se calcula los siguiente:

Grado de libertad = 1

Chi Tabla = 3.84

P=0.00

Chi prueba = 10.770

Se concluye que: Chi Prueba > Chi Tabla.

Significa que el método MTC tiene relación con el Método VIZIR, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula y se valida la Hipótesis alterna.

En 2 de los 3 tramos, se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis alterna, dándole más validez a los resultados del método MTC, pero, al tener uno de los tramos que no es confiable, podemos decir que la confiabilidad del método MTC no es confiable.

Hipótesis Secundaria 2

H1₂: Determinando que el índice de condición del método MTC es similar al índice de condición al método del PCI, entonces se considera el método MTC, confiable.

H0₂: Determinando que el índice de condición del método MTC no es similar al índice de condición al método del PCI, entonces se considera el método MTC, no confiable.

Según choque palacios los resultados de comparar los métodos PCI con el MTC para el caso del PCI arroja condición de malo y para el MTC arroja condición Regular, concluyendo que el método PCI es más efectivo que el método MTC, recomienda continuar con el método PCI por ser reconocido en muchos países y de aplicación conocida en el Perú; lo que refuerza nuestra hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna.

Según Bullón Lopez, La metodología PCI, es más precisa que la metodología VIZIR, ya que considera mayor número de fallas, por lo que recomienda aplicar la metodología PCI.

En nuestro caso existe marcada diferencia, entre los resultados del método PCI 28% de excelente, 47% de muy bueno y 16% de bueno contra el método MTC que tiene 100% bueno, por lo que el método MTC pierde confiabilidad.

Aplicando la metodología PCI, el resultado fue de 28% PCI 28% de excelente, 47% de muy bueno y 16% de bueno, 7% Regular, 2% Malo y 1% muy malo.

Para considerar validar el método MTC al compararlo con el método PCI, se utiliza la prueba de chi cuadrado, con la que podremos afirmar o negar si el método MTC tiene relación o no con el método PCI, para validar los resultados del método MTC, en los siguientes cuadros se pueden apreciar los resultados de la prueba de Chi Cuadrado

En el tramo de la Vía Satélite, el análisis para la prueba chi cuadrado se muestra en el cuadro N°38.

Cuadro N°38: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.

VIA SATELITE SUBIDA Y BAJADA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	72	21	2	95
MTC	18	0	0	18
TOTAL	90	21	2	113
	0.79646018	0.18584071	0.01769912	1
ESPERADOS	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	75.6637168	17.6548673	1.68141593	95
MTC	14.3362832	3.34513274	0.31858407	18
TOTAL	90	21	2	113
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	0.17740102	0.63381463	0.0603633	0.81121565
MTC	0.93628319	3.34513274	0.31858407	4.28141593
TOTAL	1.11368421	3.97894737	0.37894737	5.09263158

Elaboración Propia.

Del cuadro N°35 y 38, se calcula los siguiente:

Grado de libertad = 2

Chi Tabla = 5.9915

P=0.06

Chi prueba = 5.4716

Se concluye que: Chi Prueba < Chi Tabla.

Significa que el método MTC no tiene relación con el Método PCI, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y se valida la Hipótesis Nula.

En el tramo de Ventanilla Alta, el análisis para la prueba chi cuadrado se muestra en el cuadro N°39.

Cuadro N°39: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.

VENTANILLA ALTA BAJADA Y SUBIDA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	42	10	0	52
MTC	10	0	0	10
TOTAL	52	10	0	62
	0.83870968	0.16129032	0	1
ESPERADOS	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	43.6129032	8.38709677	0	52
MTC	8.38709677	1.61290323	0	10
TOTAL	52	10	0	62
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	0.05964879	0.3101737	0	0.36982249
MTC	0.3101737	1.61290323	0	1.92307692
TOTAL	0.36982249	1.92307692	0	2.29289941

Elaboración Propia.

Del cuadro N°35 y N°39, se calcula los siguiente:

Grado de libertad = 1

Chi Tabla = 5.9915

P=0.13

Chi prueba = 2.2929

Se concluye que: Chi Prueba < Chi Tabla.

Significa que el método MTC no tiene relación con el Método PCI, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y se valida la Hipótesis Nula.

En el tramo de Lomas de Ventanilla, el análisis para la prueba chi cuadrado se muestra en el cuadro N°40.

Cuadro N°40: Comparación método MTC y PCI con prueba de Chi Cuadrado.

LOMAS DE VENTANILLA SUBIDA Y BAJADA				
OBSERVADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	69	23	4	96
MTC	15	0	0	15
TOTAL	84	23	4	111
	0.75675676	0.20720721	0.03603604	1
ESPERADO	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	72.6486486	19.8918919	3.45945946	96
MTC	11.3513514	3.10810811	0.54054054	15
TOTAL	84	23	4	111
FORMULA	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	TOTAL
PCI	0.18324686	0.48564189	0.08445946	0.66888875
MTC	1.17277992	3.10810811	0.54054054	4.28088803
TOTAL	1.35602679	3.59375	0.625	5.57477679

Elaboración Propia.

Del cuadro N°35 y N°40, se calcula los siguiente:

Grado de libertad = 2

Chi Tabla = 5.9915

P=0.13

Chi prueba = 5.575

Se concluye que: Chi Prueba < Chi Tabla.

Significa que el método MTC no tiene relación con el Método PCI, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y se valida la Hipótesis Nula.

En los 3 tramos, se rechaza la hipótesis alterna y se valida la hipótesis nula, por eso se concluye que se valida la Hipótesis Nula, entonces podemos decir que el método MTC no es confiable.

Hipótesis Principal

A partir de las hipótesis secundarias, las cuales nos dan como resultado que el método MTC no es confiable tanto al compararlo con el método PCI como con el método VIZIR, como compararlo con el método VIZIR, por lo tanto, se concluye que el método MTC no es confiable.

CONCLUSIONES

1. Según los resultados de la investigación a través de la contrastación de hipótesis, se concluye que el método MTC comparado con los métodos VIZIR y PCI no es confiable. con el método MTC aplicado a la muestra, se obtuvo un índice de condición Bueno, para el VIZIR fue entre bueno y regular, y para el PCI de regular.
2. Se identificaron los parámetros de la metodología VIZIR, el mismo que considera una unidad de muestra de 100 m, los tipos de fallas son 4 estructurales y 15 funcionales, califica las fallas estructurales y superficiales en función a deformaciones y fisuras, así como severidad y densidad, otorgándole pesos para determinar el índice de condición.
3. Se identificaron los parámetros de la metodología del MTC, el mismo que considera una unidad de muestra de 200 m, los tipos de fallas son 5 estructurales y 6 funcionales, califica las fallas estructurales y superficiales en función a severidad y densidad, otorgándole pesos para determinar el índice de condición.
4. Se identificaron los parámetros de la metodología PCI, el mismo que considera una unidad de muestra de 230 m² (+- 90m²) lo que equivale a una longitud promedio de 40 m a 50 m, los tipos de fallas son 5 estructurales y 14 funcionales, califica las fallas en función a severidad y densidad, otorgándole pesos diferenciados para determinar el índice de condición.
5. Comparando los métodos VIZIR, MTC Y PCI se obtienen los resultados siguientes:
 - a. Las unidades de muestra son diferentes en cada método.
 - b. Las fallas funcionales son similares en los métodos VIZIR Y PCI, en tanto el MTC solo considera 6 de ellas frente a 14 o 15 del PCI y VIZIR.
 - c. Las fallas estructurales son similares en los tres métodos, entre 4 y 5.

En el cuadro siguiente se puede observar el resumen de estas diferencias y similitudes.

Cuadro N^a41: Diferencias y similitudes entre los métodos VIZIR, MTC y PCI.

METODOS	VIZIR	MTC	PCI
MUESTRA	100 m	200 m	40 a 50 m
FUNCIONALES	15	6	14
ESTRUCTURALES	4	5	5

Elaboración Propia.

El resultado de aplicar los tres métodos al proyecto Pedro Beltran, de 4.4km se obtuvieron los siguientes resultados:

- d. 83 muestras del método VIZIR, de 109.8m cada una en toda la vía, tanto subida como bajada, se identificaron 4 tipos de fallas en los tramos analizados, de las cuales 75.90% tienen condición Buena, mientras que el 24.10% condición Regular.
- e. La metodología (MTC) considera un total de 43 muestras de 200m cada una, se identificaron 8 tipos de fallas, y el 100% califican de condición Bueno.
- f. La metodología PCI. considero 238 muestras de 36.6m cada una se identificaron 9 tipos de fallas y luego de ser procesadas se obtuvo el 27.87% de condición Excelente, 46.72% condición Muy Buena, 15.57% condición Buena, 7.28% condición Regular, 1.64% condición de Malo, y el 0.82% presenta una condición de Muy Malo.
- g. De la aplicación de los métodos podemos concluir que los métodos PCI Y VIZIR coinciden en los tipos de fallas, el procedimiento de levantar la información de campo y procesarla es similar en los métodos VIZIR , PCI y MTC, las diferencias se encuentran en los pesos asignados al procesamiento de las fallas para calcular el Índice de condición; el mismo que tiene relación con la densidad, y en este caso particular se debe analizar con mayor detalle el método del MTC, ya que la unidad de muestra tiene 200m de longitud frente a 100m y 50m de los métodos VIZIR Y PCI, al ser menor el área de muestra la precisión de los resultados es más exacta.

Al comparar la metodología MTC con las metodologías VIZIR Y PCI en la evaluación de pavimentos flexibles, para la determinación la confiabilidad de la metodología MTC, se analizaron los índices de condición de cada método en la Av. Pedro Beltrán, de los gráficos N°9 y N°10 se puede concluir que el método PCI es más acertado en sus resultados para la evaluación superficial del pavimento, mientras que, el método VIZIR tiene algunos resultados notables para considerarlo, aunque los resultados del método PCI tienen mayor precisión, el método MTC por otro lado, no tiene una sola muestra que presente estado regular y mucho menos malo, por lo que no nos da un buen alcance del estado real de la Av. Pedro Beltrán, para reforzar nuestra conclusión, comparamos los resultados de los métodos PCI y VIZIR para buscar validar los resultados del método MTC, con la prueba de Chi Cuadrado, en la que nos, según nuestros resultados, se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis alternativa, la cual nos dice que no existe relación entre los métodos PCI y MTC o MTC y VIZIR, lo cual nos lleva a la conclusión de que este método no es confiable.

Una de las razones por las que los resultados son diferentes entre estos métodos es la longitud de la unidad de muestra para cada método, en caso contrario, se podría apreciar unos resultados más uniformes.

Otra razón por la que los resultados son diferentes es por la cantidad de fallas que analiza cada método, en este caso, el que analiza menos fallas es el método VIZIR, recordando que solo cuentan las fallas tipo A para su índice de condición. Por otro lado, el método PCI tiene más fallas para analizar, pero el método MTC, para la Av. Pedro Beltrán, tiene casi la misma cantidad de fallas, lo que los diferencia en sus resultados en este caso puede ser la longitud de la unidad de muestra.

Otra de las razones es la diferencia en el peso que cada método le da a cada una de las fallas, esto es un factor muy importante en el momento de hallar el índice de condición, este factor es más difícil de relacionar entre los métodos, ya que estos pesos influyen directamente en los resultados de cada método y han sido considerados

según estudios previos y validados para su uso en cada método, por lo que si se cambian, alterará el resultado real de cada método y no se podría verificar su validez a menos que se haga un estudio mucho más completo sobre la influencia de los pesos en los diferentes métodos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir investigando para verificar el nivel de confiabilidad del método MTC para llegar a una conclusión más precisa y tener un panorama más amplio sobre la verdadera validez de este método en todo el territorio Peruano.
2. Se recomienda utilizar el método PCI, simultáneamente con el método MTC, para tener un resultado más preciso que nos puede dar, también se puede incluir el método VIZIR, ya que también estaba presentando algunos resultados más cerca a la realidad con respecto al PCI.
3. Se recomienda considerar que estos resultados para esta avenida en específica, los casos pueden cambiar, pero también considerar que estos resultados de validación pueden no estar muy lejos de los resultados generales de las demás vías.
4. Si se desea una mejor precisión en los resultados de los métodos VIZIR y MTC, se pueden reducir la longitud de la unidad de muestra para poder obtener un resultado más cercano a la realidad, se pueden igualar la longitud de muestra para obtener estos resultados más uniformes que se buscan si se desea validar el método MTC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Valles G. y Pulache (2019), *Evaluación del estado superficial del pavimento flexible, mediante el método del índice de condición del pavimento, en la vía lamas - cruce con la vía Fernando Belaunde Terry, en la provincia de lamas, región San Martín – 2019*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Tarapoto – San Martín. Universidad Científica del Perú-UCP 2019
- Bullon López (2018), *Análisis comparativo de las metodologías PCI y VIZIR en la evaluación superficial del pavimento flexible, Lima – 2018*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo 2018.
- Wilson, Esteban (2016), *Comparación de las metodologías VIZIR y PCI con fines de intervención en la carretera PE-18A tramo KM 15+000 – KM 25+306*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco – Perú
- Cristian C. y Rivas (2016), *Aplicación y Comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa*. Universidad Católica de Colombia. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Bogotá D.C. (2016).
- Choque P. (2019), *ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO PCI Y EL MANUAL DE CONSERVACIÓN VIAL MTC EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE, TRAMO EMP.PE-3S - ATUNCOLLA, 2017*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú 2019.
- Mori G. (2018), *Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltran –*

- Ventanilla*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Ricardo Palma. Lima-Perú 2018.
- Tacza H. y Rodriguez (2018), *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima – Perú 2018.
- Chipana S. y Medina (2019), *EVALUACIÓN DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA AV. PROLONGACIÓN DEFENSORES DEL MORRO PARA ANALIZAR SU CONDICIÓN ESTRUCTURAL Y SUPERFICIAL*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. Lima-Perú 2019.
- Cruz B. y Ccamapaza (2016), *EVALUACIÓN DE LA VÍA PUNO JULIACA APLICANDO EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA DETECCIÓN DE ZONAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO. Puno-Perú 2016.
- Huilcapi, V. y Pucha, K. 2015. *Análisis comparativo de los métodos de evaluación funcional de Pavimentos Flexibles en las vías García Moreno y Panamericana Sur del Cantón Colta - Provincia de Chimborazo*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Riobamba – Ecuador. Universidad Nacional de Chimborazo, 2015.
- Marrugo, C. 2014. *Evaluación de la metodología VIZIR como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los Pavimentos Flexibles*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Bogotá D.C.
- Castellar, R., & Zapata, F. (2009). *Aplicación de la distribución de probabilidades de CHI CUADRADO en la toma de decisiones*. Cumana: Universidad de oriente.

Fernando Quevedo Ricardi 2011. The chi-square (La prueba de ji-cuadrado).
<https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>.

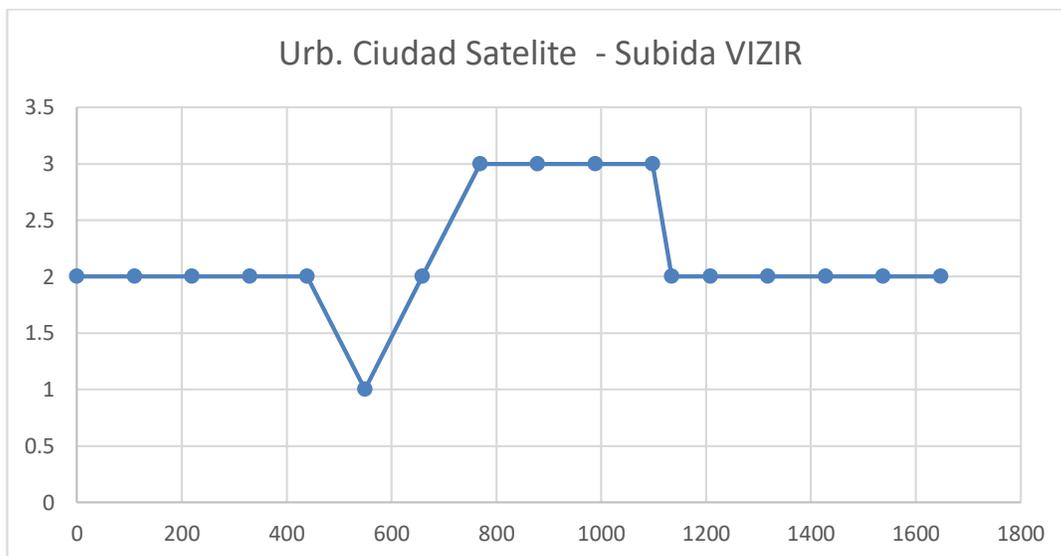
De la Fuente Fernandez, S. (2010). *Aplicacion de la chi- cuadrado: tablas de contingencia.homogenidad. dependencia e independencia*. Madrid-España: Universidad Autónoma de Madrid.

ANEXOS

Anexo 1: Gráficos de índices de condición vs la progresiva para el método VIZIR en cada tramo de la Av. Pedro Beltrán.

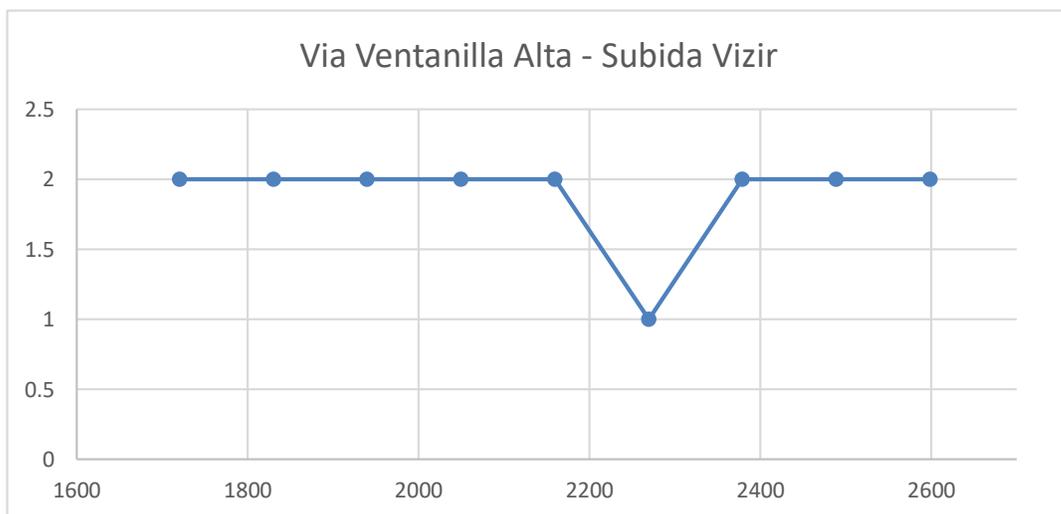
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Urb, Ciudad Satélite - VIZIR.

Elaboración propia



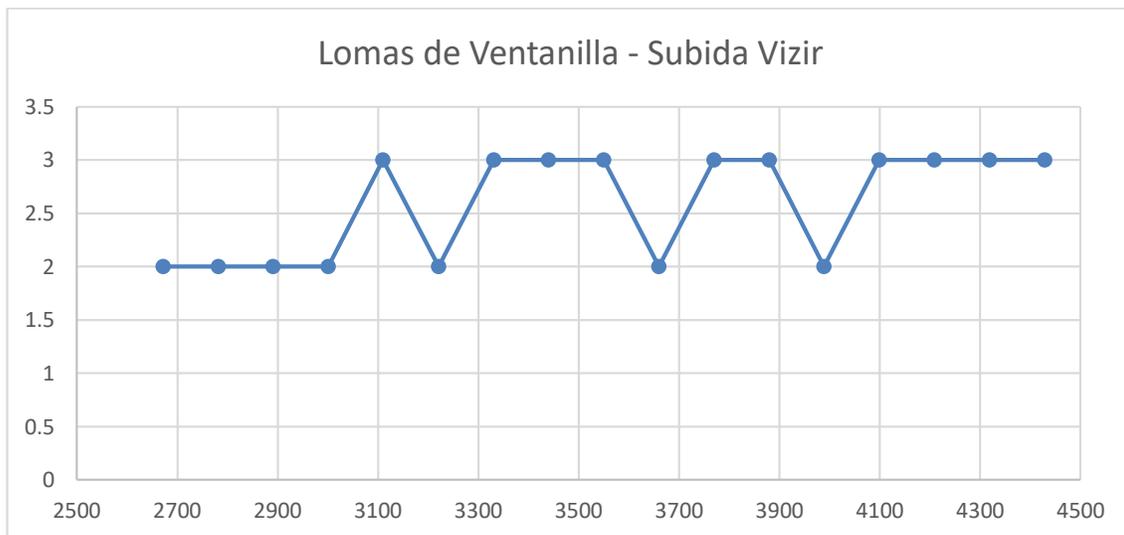
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Vía Ventanilla Alta - VIZIR.

Elaboración propia



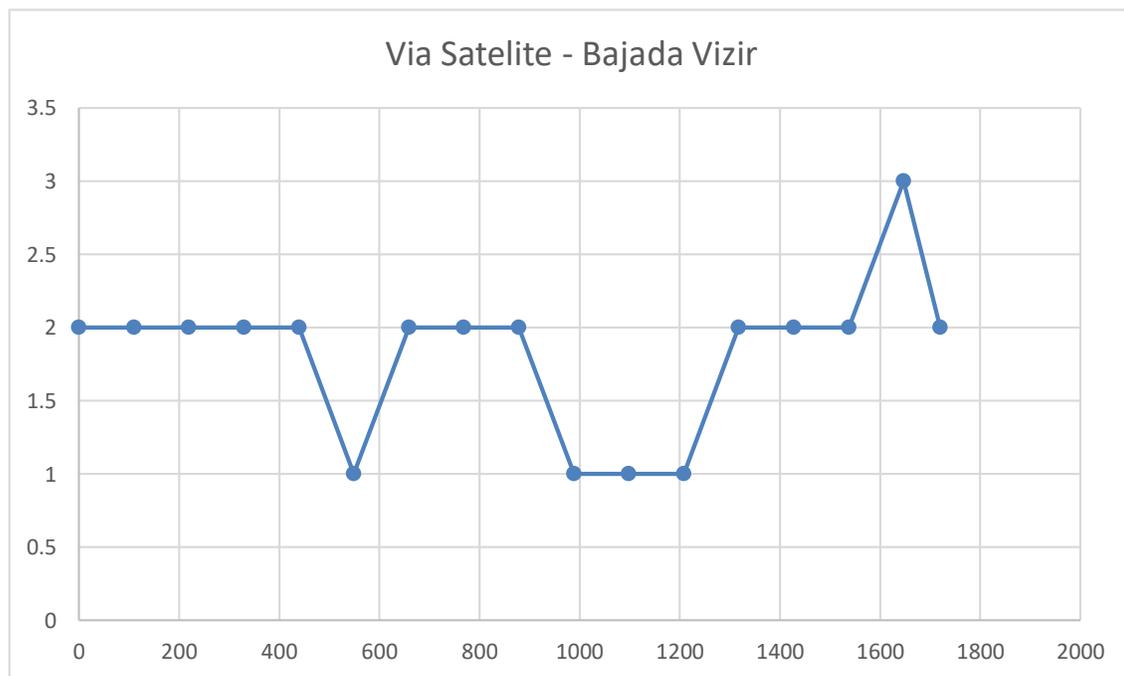
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Lomas de Ventanilla - VIZIR.

Elaboración propia

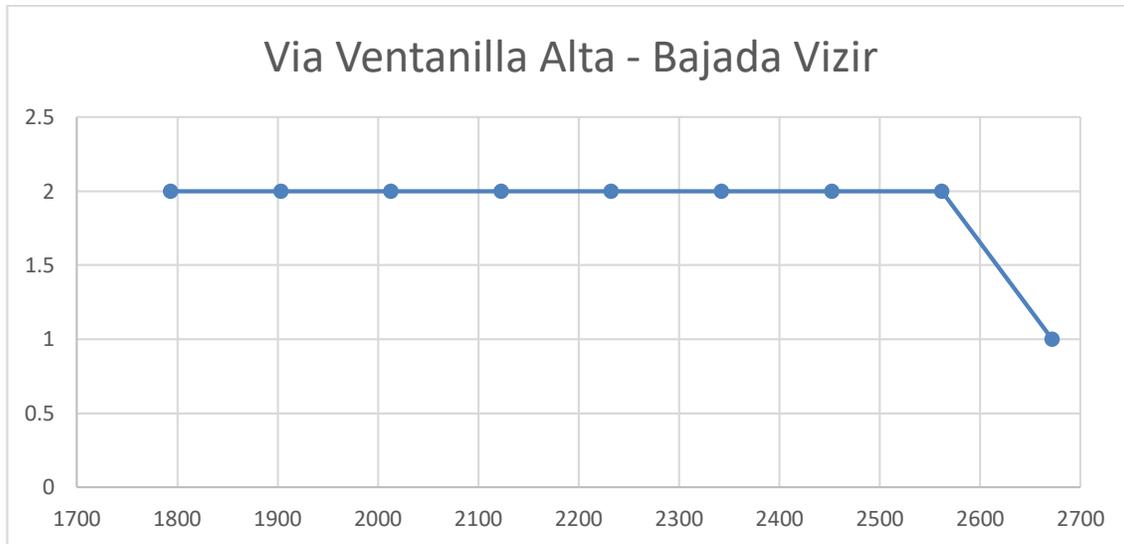


Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Ciudad Satélite - VIZIR.

Elaboración propia

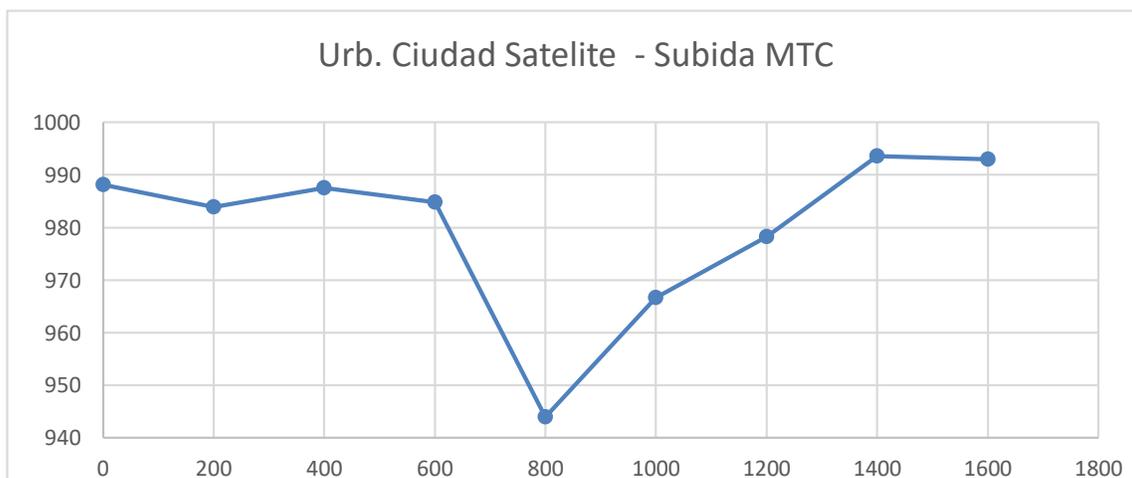


Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Vía Ventanilla Alta - VIZIR.
Elaboración propia



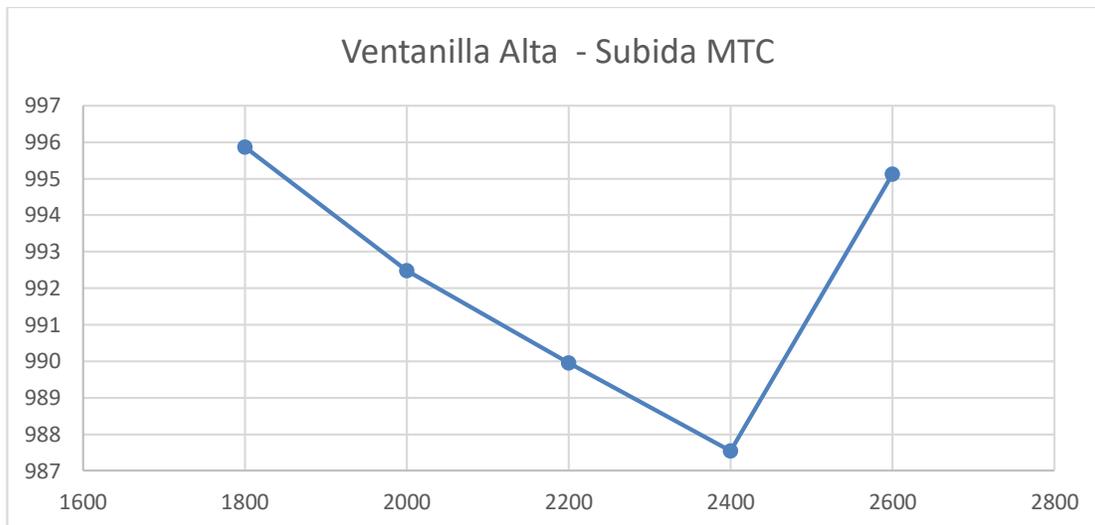
Anexo 2: Gráficos de índices de condición vs la progresiva para el método MTC en cada tramo de la Av. Pedro Beltrán.

Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Ciudad Satélite - MTC.
Elaboración propia



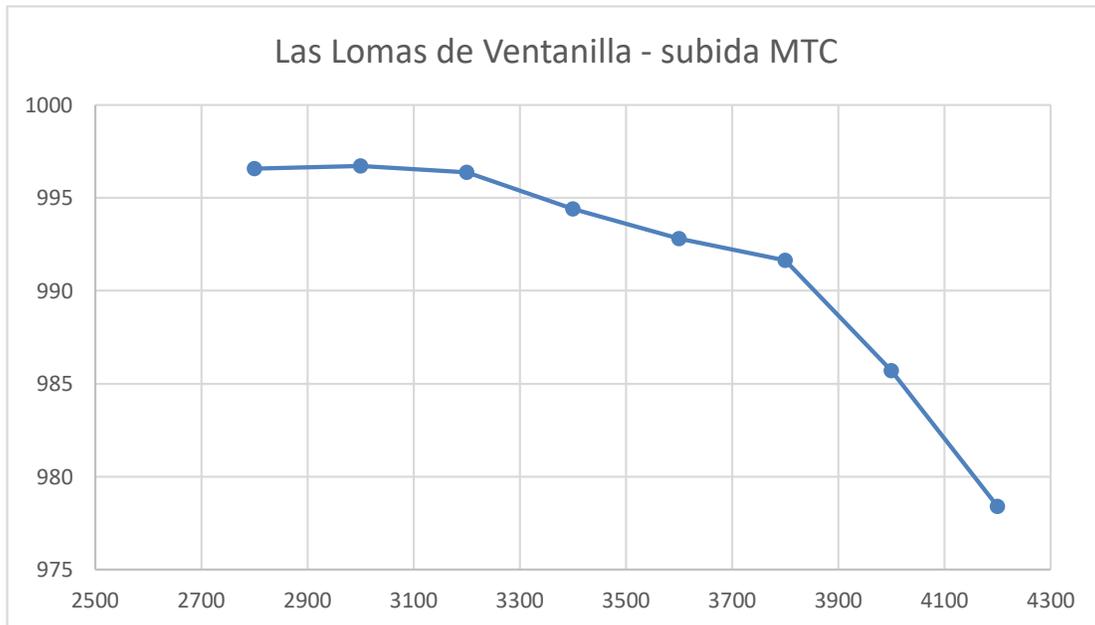
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Ventanilla Alta. - MTC.

Elaboración propia



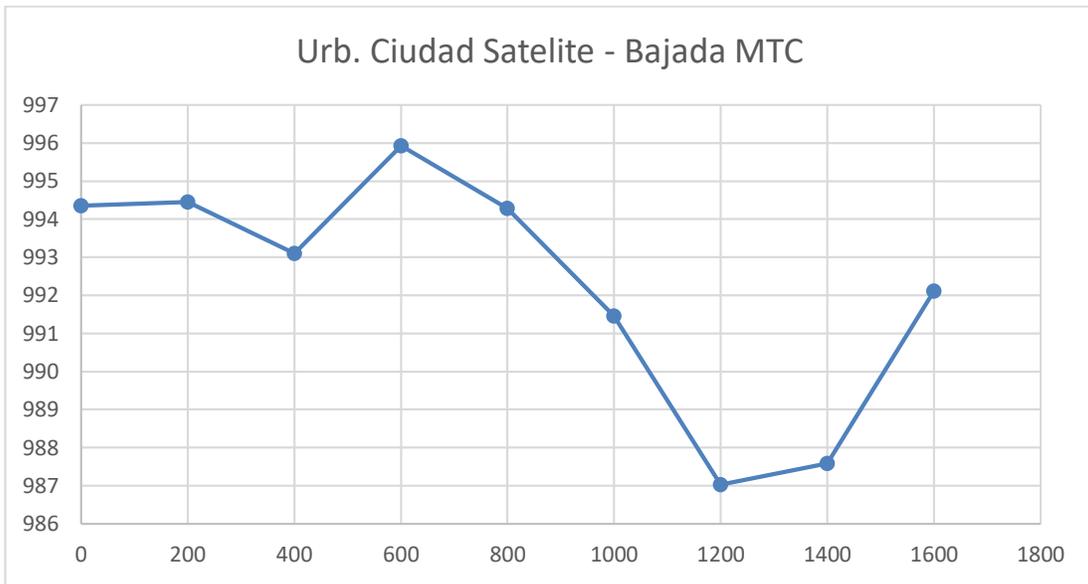
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Las Lomas de Ventanilla. - MTC.

Elaboración propia



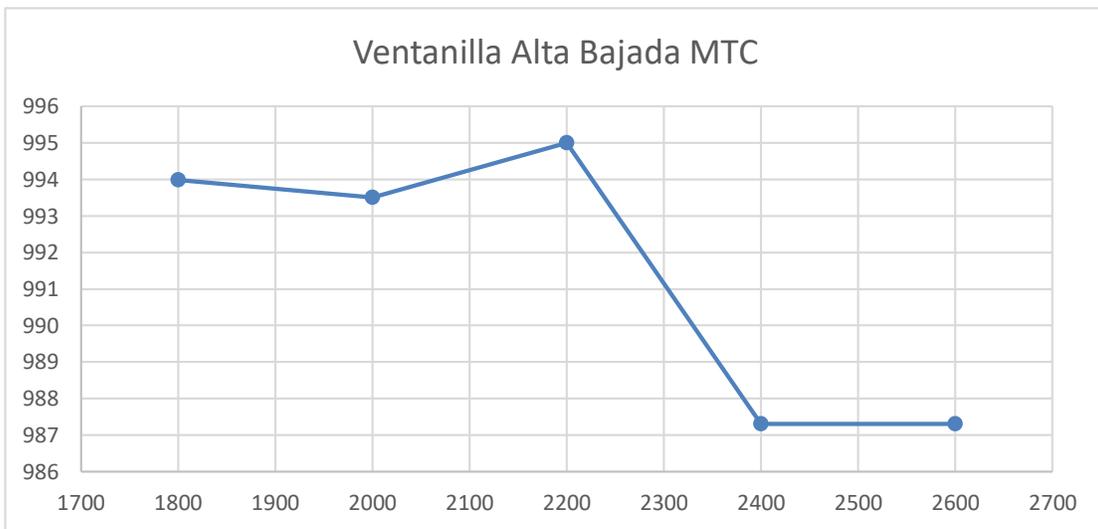
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Urb. Ciudad Satélite. - MTC.

Elaboración propia



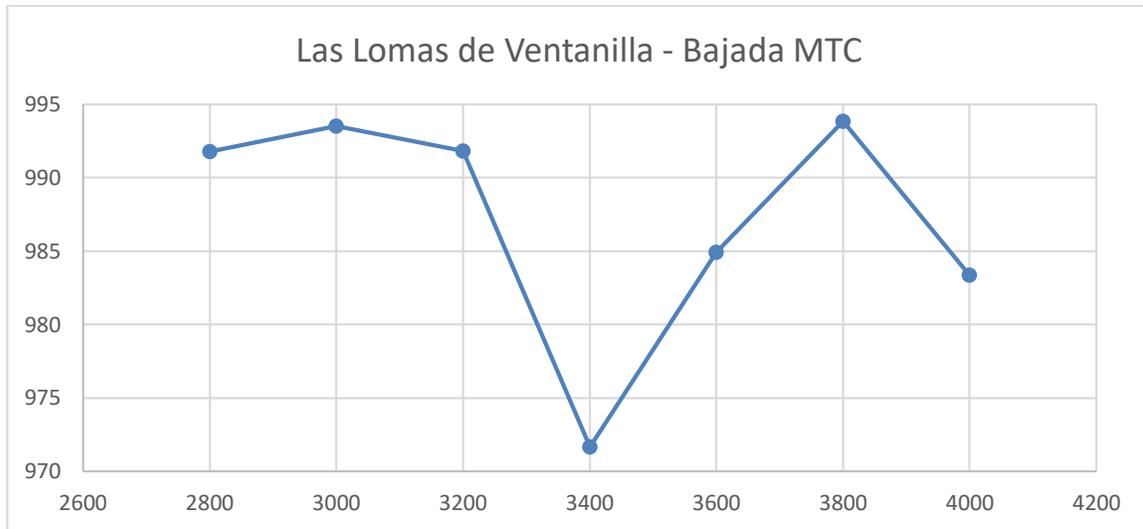
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Ventanilla Alta - MTC.

Elaboración propia



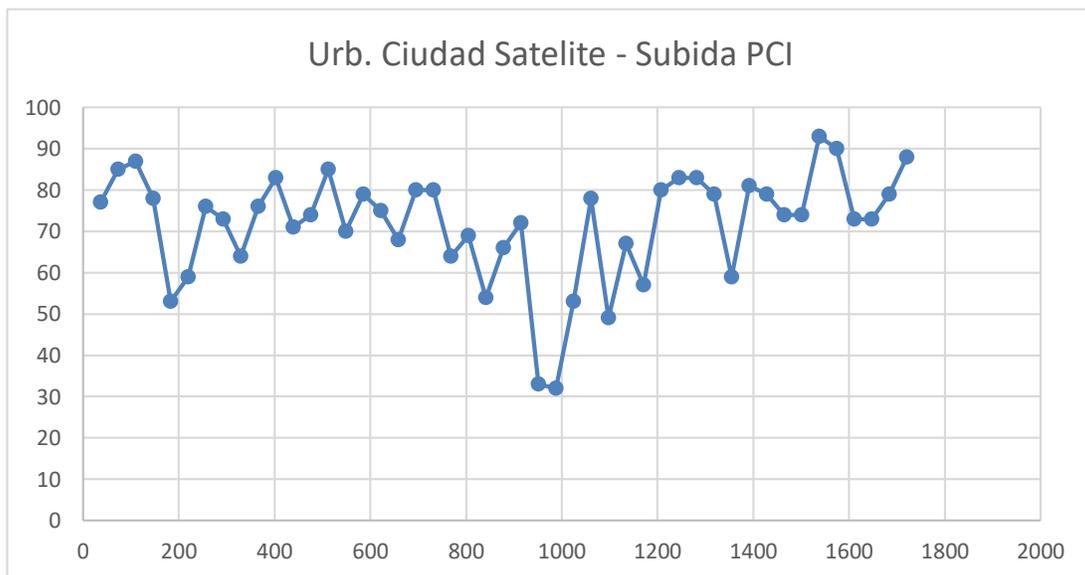
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, Tramo Las lomas de pastilla - MTC.

Elaboración propia

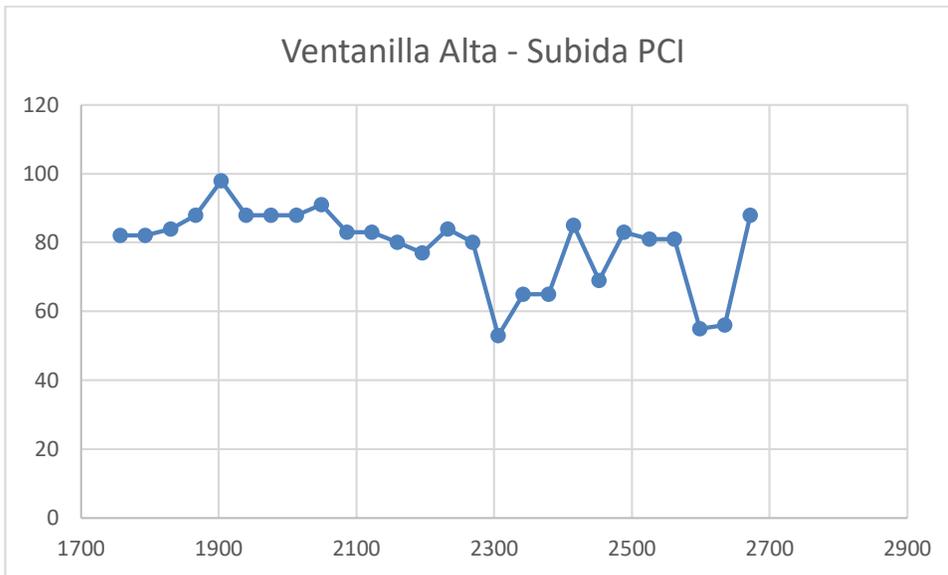


Anexo 3: Gráficos de índices de condición vs la progresiva para el método PCI en cada tramo de la Av. Pedro Beltrán.

Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Urb. Ciudad Satélite - PCI.
Elaboración propia

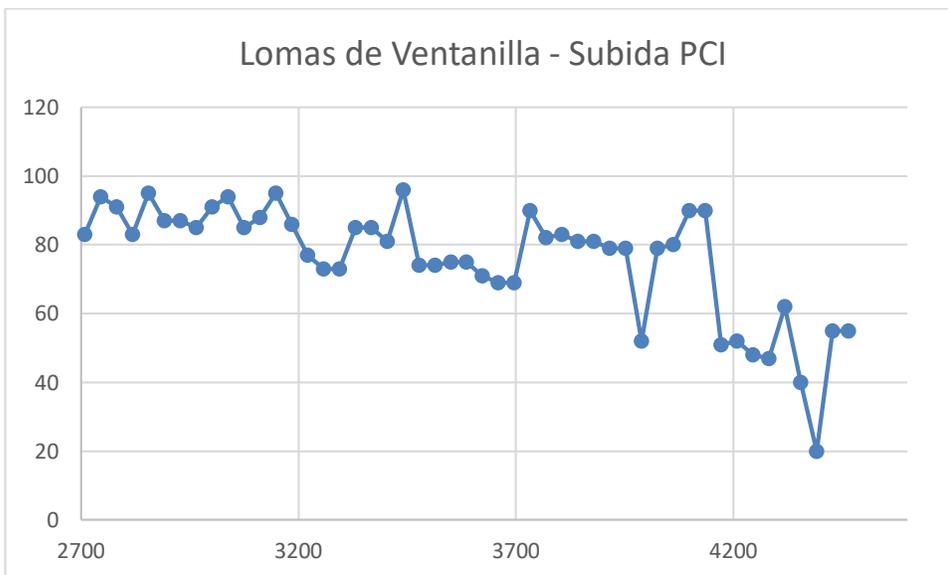


Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Ventanilla Alta- PCI.
Elaboración propia



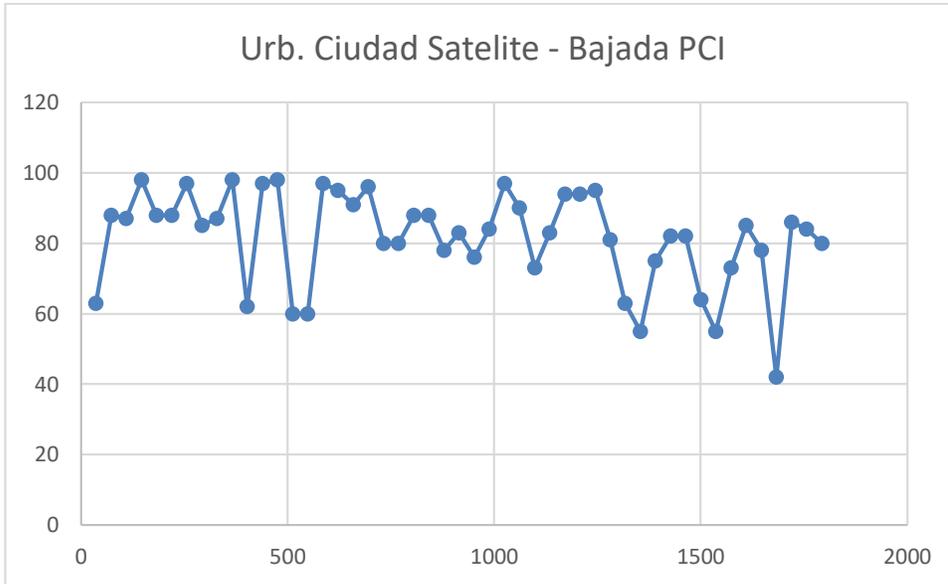
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Lomas de Ventanilla- PCI.

Elaboración propia



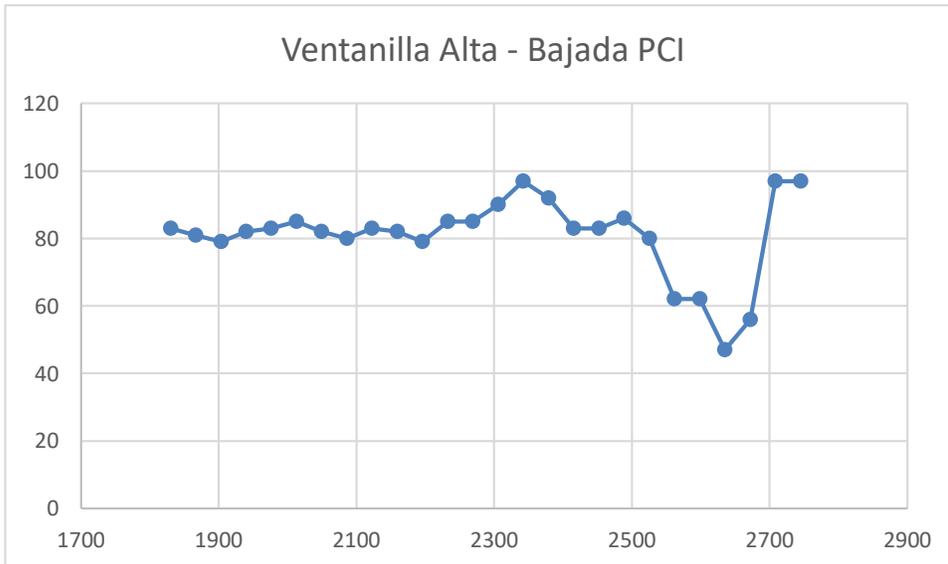
Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Ciudad Satélite - PCI.

Elaboración propia



Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Ventanilla Alta - PCI.

Elaboración propia



Progresiva vs Índice de Condición del pavimento, tramo Lomas de Ventanilla - PCI.

Elaboración propia

