

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI PARA LA EVALUACIÓN
SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA
CAMINO REAL DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA DEL
DISTRITO DE TRUJILLO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES**

AUTOR: BACH. CANTUARIAS CEPEDA LUIS CARLO
BACH. WATANABE IBAÑEZ JORGE ROLANDO
ASESOR: ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS

TRUJILLO - PERÚ

2017

Registro N°.....

Aplicación del Método PCI para La Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real De La Urbanización La Rinconada del Distrito De Trujillo

Por: Bach. Cantuarias Cepeda Luis Carlo
Bach. Watanabe Ibañez Jorge Rolando

Jurado evaluador

Ing. Enrique Francisco Luján Silva
Presidente

Ing. Tito A. Burgos Sarmiento
Secretario

Ing. Oswaldo Hurtado Zamora
Vocal

Asesor:

Ing. Rolando Ochoa Zevallos

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento con los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento del Programa Académico de Tesis Asistida de la Facultad de Ingeniería, ponemos a vuestra disposición la presente Tesis titulada: “Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada del Distrito de Trujillo” para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El presente trabajo ha sido desarrollado de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones según la línea de investigación, las normas establecidas en la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), la Norma ASTM D6433-03 aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional universitaria, en consulta de fuentes bibliográficas y con la experiencia del asesor.

Los Autores.

DEDICATORIA

El proyecto de investigación desarrollado, lo dedico a mi Padre Celestial Jehová, quien es el hacedor de mi camino y en quien está depositada toda mi confianza.

A mi madre y mejor amiga, Doroty Ibañez quien incondicionalmente está conmigo en todo momento de mi vida. Sus oraciones, consejos, enseñanzas, cariño y amor son mi aliciente y fortaleza para alcanzar mis metas.

A mi padre, Jorge Luis Watanabe quien no está físicamente conmigo, pero estoy seguro que desde el lugar donde descansa está feliz por esta meta cumplida. Sus enseñanzas calaron en mí fortaleciéndome con un carácter perseverante, disciplinado, humilde y justo. Pieza clave en el desarrollo de mis valores y virtudes.

A mi esposa, Shirley Rojas por su paciencia y apoyo en el desarrollo de este proyecto de vida, culminar mis estudios. A mis hijos Jeniffer, Abigail y Salomón quienes son mi estímulo para seguir adelante en mi vida profesional y poder ser ejemplo para ellos.

A mi hermano Jean Carlos Watanabe por creer en mí y acompañarme en esta maravillosa experiencia, animándome en todo momento para no claudicar.

A mis hermanos Elizabeth, Luis y Daniel por su cariño y apoyo emocional en esta etapa importante de mi vida.

A mis sobrinos Mathew, Josué, Raquel, Abel y Elías a quienes amo como a mis hijos y a quienes espero ser ejemplo de esfuerzo y superación.

Bach. Watanabe Ibañez Jorge Rolando

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme culminar con éxito uno de mis mayores anhelos en mi
desarrollo profesional.

A mis padres, mi madre querida en especial, por darme la vida, brindarme su
apoyo en todo momento, consejos, comprensión, amor, mis valores, mis
principios, mi empeño y mi perseverancia para conseguir mis objetivos. Gracias
a ella soy lo que soy como persona,

A mis hermanos que me apoyaron en todo momento. En especial a mi hermana
Anita, quien creyó en mí y me brindó su apoyo sin condiciones.

A mi novia Mary Ann por siempre estar incondicionalmente a mi lado en las
buenas y en las malas; por su comprensión, paciencia y amor, dándome ánimos,
fuerza y valor para seguir adelante.

A mi gran amigo Jorge Watanabe, que desde el inicio de carrera fue un gran
apoyo en mi vida universitaria.

Bach. Luis Carlo Cantuarias Cepeda

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres y hermanos por su valioso, constante e incondicional apoyo; por sus muestras de amor, cariño y afecto y por alentarnos en todo momento en esta maravillosa etapa de nuestras vidas.

Agradecemos a nuestro asesor Ing. Rolando Ochoa Zevallos por su apoyo profesional, por participar del trabajo de campo y por su invaluable colaboración en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

Agradecemos a nuestro profesor de investigación Ing. Oswaldo Hurtado Zamora quien dentro y fuera de aula nos brindó con sus aportes y sugerencias las pautas y lineamientos para realizar una buena presentación de nuestra tesis.

Agradecemos al Subgerente de Supervisión y Liquidación de Obras de la Municipalidad Provincial de Trujillo, el Ing. Víctor Hugo Contreras Miñano quien nos brindó las facilidades para realizar el trabajo de campo y tener acceso a información para el desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su valioso aporte de conocimientos y experiencias a nuestra formación académica y profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo obtener un indicador que permita precisar la degradación o condición del pavimento flexible, esto se obtiene realizando la Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible de la Avenida Camino Real del Distrito de Trujillo, con la finalidad de solicitar su intervención oportuna, seleccionando la técnica más adecuada de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción al estado del pavimento flexible.

De acuerdo al Manual desarrollado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela, el método Pavement Condition Index (PCI) basado en la Norma ASTM D6433-03; constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación.

Luego de realizar una entrevista al Subgerente de Supervisión y Liquidación de Obras de la Municipalidad Provincial de Trujillo, determinamos que las vías no han sido evaluadas antes de ser intervenidas bajo una metodología o procedimiento; esto nos permite realizar la evaluación superficial del pavimento flexible, para obtener su índice de condición con la aplicación de la metodología PCI.

Al realizar el estudio de tráfico respectivo determinamos que la carga de tráfico vehicular se ha incrementado por lo tanto al no encontrarse dentro del rango del estudio de tráfico del expediente técnico, se llega a determinar que es causal del deterioro prematuro del pavimento flexible en estudio.

Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la Av. Camino Real es “EXCELENTE” con un PCI de **87.52**

ABSTRACT

The present research aims to obtain an indicator that allows the degradation or the condition of the flexible pavement, this is obtained by applying the PCI method for the Superficial evaluation of the pavement Flexible of the Camino Real Avenue of the District of Trujillo, with the Service maintenance, rehabilitation or reconstruction in the state of flexible pavement.

According to the Manual developed by Engineer Luis Ricardo Vásquez Varela, the Pavement Condition Index (PCI) method based on ASTM D6433-03; Is the most complete way for the evaluation and objective qualification of pavements, being widely accepted and formally adopted as a standardized procedure, and has been published by ASTM as a method of analysis and application.

After conducting an interview with the Superintendent of Supervision and Liquidation of Works of the Provincial Municipality of Trujillo, we determined that the roads have not been evaluated before being intervened under a methodology or procedure; This allows us to perform the superficial evaluation of the flexible pavement, to obtain its condition index with the application of the PCI methodology.

When carrying out the respective traffic study, we determined that the vehicular traffic load has therefore increased to be within the range of the study of traffic of the technical file, it is reached to determine that is causal of the premature deterioration of the flexible pavement under study.

When performing the surface evaluation of the flexible pavement using the Pavement Condition Index method, it is known that the state of conservation of Camino Real Avenue is "EXCELLENT." with a PCI of 87.52.

ÍNDICE

	Pag
Presentación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	ix
Índice de tablas	x
Índice de imágenes	xi

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	EL PROBLEMA	02
1.1.1	Planteamiento Del Problema:	05
1.1.2	Formulación del problema:	06
1.1.3	Justificación de la Investigación:	06
1.1.4	Limitaciones de la Investigación:	07
1.1.5	Objetivos:	07
1.2	MARCO TEORICO	08
1.2.1	Antecedentes:	08
1.2.2	Bases Teóricas:	11
1.2.3	Definición de Términos Básicos	42
1.3	HIPÓTESIS	44
1.3.1	Formulación de la Hipótesis	44
1.3.2	Operacionalización de Variables	44

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 MATERIALES	49
2.1.1 Unidad de Estudio	49
2.1.2 Población y Muestra	49
2.2 MÉTODOS	49
2.1.1 Técnicas de recolección de datos.	50
2.1.2 Técnicas de procesamiento de datos.	50
2.1.3 Procedimiento	50
CAPÍTULO III: RESULTADOS	54
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Situación actual de las carreteras del Perú.	02
Tabla N° 2 Escala de clasificación del PCI.	20
Tabla N° 3 Formato de evaluación según metodología PCI.	26
Tabla N° 4 Operacionalización de variables.	44
Tabla N° 5 Matriz de Consistencia	45
Tabla N° 6 Longitud de las unidades de muestreo asfáltico.	50
Tabla N° 7 Formato de evaluación (elaboración propia).	53
Tabla N° 8 Parámetro de evaluación Tramo 01.	54
Tabla N° 9 Parámetro de evaluación Tramo 02.	54
Tabla N° 10 Curva Monográfica de piel de cocodrilo	56
Tabla N° 11 Metrado de fallas de la avenida Camino Real de ambos tramos.	57

Tabla N° 12 Tipos de fallas, evolución y causa.	57
Tabla N° 13 Índice de Condición de Pavimento de estudio aleatorio. Tramo 01.	59
Tabla N° 14 Índice de Condición de Pavimento de estudio aleatorio. Tramo 02.	60
Tabla N° 15 Índice de Condición de Pavimento de estudio completo. Tramo 01	61
Tabla N° 16 Índice de Condición de Pavimento de estudio completo. Tramo 02.	63
Tabla N° 17 Rangos del PCI vs tipo de intervención.	67
Tabla N° 18 Estudio de tráfico de la avenida Camino Real.	68

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura N° 1 Curvas de Corrección de Valor Deducido	25
Figura N° 2 Área de estudio.	49
Figura N° 3 Intervalo de unidad de muestra. Tramo 01.	52
Figura N° 4 Intervalo de unidad de muestra. Tramo 02.	52
Figura N° 5 Perfil del PCI. Tramo 01.	65
Figura N° 6 Perfil del PCI. Tramo 02.	65
Figura N° 7 Grafico de porcentajes de fallas. Tramo 01.	66
Figura N° 8 Grafico de porcentajes de fallas. Tramo 02.	66

1. INTRODUCCIÓN

Las vías son elementos esenciales en la sociedad y es muy influyente en la economía de las diferentes regiones urbanas, el buen estado de las calles contribuye al incremento social y económico de los sectores urbanos, por esto es necesario que la Municipalidad Provincial de Trujillo, cuente con una adecuada planificación en el mantenimiento de las vías para que puedan asegurar la serviciabilidad de las mismas, evitando el deterioro prematuro de las vías en general. Es por esto que debemos tener en cuenta que es muy importante para la ciudad, que se cuente con vías en buen estado, que permita el tránsito confortable entre las diferentes zonas urbanas de nuestra localidad.

Esta tesis es básicamente la aplicación de la metodología PCI, (Índice de Condición del Pavimento), que es la más completa, dentro de los modelos disponibles de Gestión Vial, que consiste en precisar la condición del pavimento a través de un reconocimiento visual, y de esta manera se determina, la cantidad, la severidad, y la clase de fallas en la vía. Durante el recorrido del área de estudio obtenemos información de campo necesaria para aplicar la metodología indicada en el PCI, calculando el índice, cuantificamos el estado en que se encuentra el pavimento en estudio, esto quiere decir que, especifica, en una escala del cero al cien, si la carpeta asfáltica está en estado excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo o fallado.

Cuyo proceso de aplicación es de fácil implementación, ya que no requiere de equipos, ni herramientas especializadas para su total desarrollo. En esta oportunidad nuestra área de estudio es la Avenida Camino Real, ubicada en la urbanización La Rinconada, que fue elegida dentro de varias alternativas de estudio, por ser una vía relativamente nueva y ya presentaba fallas en su carpeta asfáltica, tales como, piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, transversales, entre otras.

El presente estudio tiene como finalidad, determinar el índice de condición del pavimento flexible de la Avenida Camino Real, ubicada en la urbanización La Rinconada, para determinar su estado o condición el cual servirá a la entidad edil encargada del mantenimiento de las vías programar una intervención oportuna y no permitir el mayor deterioro del pavimento.

1.1. EL PROBLEMA

Tabla N° 1
SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS DEL PERÚ
SITUACIÓN ACTUAL AL 31/07/2013

(En Kilómetros)

RED VIAL DEL SINAC (N° Rutas)	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA				SUB TOTAL	PROYECTADA	TOTAL
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA					
		Afirmada	No Afirmada1/				
TOTAL	19,011.8	42,583.2	84,147.8	145,742.9	8,144.0	153,886.9	
NACIONAL (133)	15,085.7	7,725.3	2,131.8	24,942.8	1,916.6	26,859.4	
DEPARTAMENTAL (393)	2,298.9	14,597.9	8,080.6	24,977.4	4,146.3	29,123.6	
VECINAL (6,240)	1,627.1	20,260.0	73,935.5	95,822.7	2,081.2	97,903.9	

Fuente: PVN /PVD/DGCF

(Sotil, 2014) La situación de las características básicas de la red vial del SINAC, se define mediante la actualización de las longitudes por el tipo de superficie de rodadura con información proveniente de la actualización del Clasificador de Rutas y los Inventarios Viales efectuados, según información proporcionada por PVN, PVD y DGCF; como resultado de las intervenciones de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial.

La red vial nacional al 31 Julio de 2013; la red vial nacional se organiza en 133 rutas con una longitud total de 26,859.4 Km conformada por:

- Red Vial Existente de 24,942.8 Km
- Red Vial Proyectada de 1,916.6 Km.

De la Red Vial Nacional Existente, por el tipo de superficie de rodadura; el 60.5% (15,085.7 Km.) está conformada por carreteras Pavimentadas, de los cuales el 85.2% tiene superficie de asfaltado y el 14.8% de asfaltado con solución básica; las carreteras No Pavimentadas representan el 39.5% (9,857.1Km.)

La red vial departamental, se organiza en 393 rutas al 31 de Julio de 2013, con una longitud total de 29,123.6 Km, conformada por:

- Red Vial Existente de 24,977.4 Km
- Red Vial Proyectada de 4,146.3 Km

De la Red Vial Departamental Existente, según el tipo de superficie de rodadura el 9.2% (2,298.9 Km.) son carreteras Pavimentadas y el 90.8% (22,678.4 Km.) son carreteras No Pavimentadas.

Respecto Red Vial Departamental No Pavimentada, se tiene que 14,597.9 Km (64.4%) son Afirmadas y 8,080.6 Km (35.6%) son vías No Afirmadas.

La red vial vecinal según el Clasificador de Rutas del SINAC aprobado por D.S 036-2011- MTC, se tiene 6,240 rutas con una longitud total de 97,903.9Km., conformada por

- Red Vial Existente de Existente 95,822.7 Km
- Red Vial Proyectada de 2,081.2Km.

Sobre la Red Vial Vecinal Existente por el tipo de superficie, se tiene que el 9.5% (1,627.1 Km) son carreteras Pavimentadas y el 90.5% (94,195.5 Km) son carreteras No Pavimentadas.

Sobre la red vial vecinal no pavimentada se tiene que el 21.5% (20,260Km) son vías Afirmadas y el 78.5% (73,935.5 Km) está en condición de No Afirmada.

A nivel nacional las vías están siendo concesionadas a empresas privadas, tanto para su explotación y mejora, como para el mantenimiento por niveles de servicio y su posterior mejora.

(Provías Nacional, 2011) Reportó que 8 124 km han sido atendidos con el Proyecto Perú, que procura mejorar los niveles de servicio de carreteras de bajo tránsito y/o no pavimentadas.

Así, alrededor de 18 000 km del SINAC estarán concesionadas y 109 000 km tienen administración estatal, siendo en su gran mayoría de la red vecinal o rural. Es importante mencionar que estas vías están bajo la jurisdicción del MTC.

Los pavimentos urbanos (aquellos en ciudades y poblaciones) están bajo la jurisdicción del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

(Sotil, 2014) Se estima que, bajo jurisdicción vecinal o local, sea en el ámbito del MTC o del MVCS, el Estado Peruano, vía entidades como municipalidades distritales, provinciales, o gobiernos regionales, tiene la administración de

alrededor de 239 000 km de calles (130 000 km estimados del MVCS, 109 000 km del MTC).

Las condiciones de estas vías son desconocidas, pero según lo que se observa en las calles del Perú, se tienen vías con:

Pavimento flexible

Pavimento rígido

Pavimento compuesto, normalmente flexible sobre vías rígidas de 30 o más años.

Pavimento adoquinado o empedrado, ya sea por temas históricos o arquitecturales.

Materiales estabilizados con asfalto o cemento.

Vías afirmadas.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) Existen manuales publicados por el MTC para mantenimiento, preventivos y rutinarios, para pavimentos de bajo tráfico y no pavimentados, entre otros de aplicabilidad nacional.

“Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-Sección Suelos y Pavimentos R.D.Nº10-2014-MTC/14 (Cap. 12.4.4)

“Manual de Carreteras” Conservación Vial

Volumen Nº 1 Aspectos Conceptuales, Niveles de Servicio, Inventario de Condición (Cap. 4.4.1).

(Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2010) Ha publicado la Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos en el 2010 (Cap. 6.4 “Tareas de Mantenimiento de Pavimentos), y actualmente esta norma está pasando por un proceso de revisión y mejora continua.

En el ámbito del MVCS, el capítulo 6 de la NTE de Pavimentos Urbanos (7) menciona el mantenimiento de pavimento, y enumera 7 actividades para realizarlo; sin embargo, no indica la metodología de cómo realizarlo.

Uno de los problemas que presenta el distrito de Trujillo, es el mal estado de sus vías. En su gran mayoría las vías de nuestra ciudad presentan fallas de tipo superficial o funcional y estructural, por esta razón no brindan el confort y la

seguridad necesaria a los usuarios. Las malas condiciones de las vías responderían a los siguientes factores; cambio climático, carga del tráfico vehicular, deficiente diseño del paquete estructural, ausencia de un sistema de drenaje pluvial. A demás de la carencia de un plan de mantenimiento pertinente y planificado que permita llevar a cabo trabajos de conservación o reparación menor, considerando el estado de conservación de la vía y de esta manera evitar la reconstrucción total de ella lo que genera un costo mayor e incrementa el tiempo de los usuarios para trasladarse a su destino.

(Vásquez, 2002) Se deben localizar y evaluar las fallas con la antelación oportuna, tomando en cuenta el comportamiento del pavimento con el transcurrir del tiempo y no intervenir cuando la severidad de la falla es muy alta.

Para determinar las técnicas de mantenimiento que serían adecuadas para mejorar la serviciabilidad del pavimento, primero se debe evaluar la vía para conocer su condición real en la que se encuentra.

1.1.1. Planteamiento del Problema:

En la presente investigación proponemos la aplicación del siguiente método, según Norma ASTM D6433-03, mayormente conocida como Pavement Condition Index (PCI) la cual describiremos en nuestra investigación, al ser considerado el más completo para evaluar y calificar objetivamente los pavimentos. (Vásquez, 2002)

El método PCI determina la condición del pavimento a través de un reconocimiento visual; clasificando, identificando y cuantificando el tipo de daños que se encuentren en las unidades de muestras seleccionadas, no es complejo implementar esta metodología ya que no es necesario utilizar herramientas o equipos especializados, pues la condición del pavimento es medida indirectamente. Este método utiliza un factor de ponderación denominado Valor Deducido, debido a la presencia de un número considerable

de combinaciones de fallas, nivel de severidad y cantidad (densidad). Esto nos da como resultado un valor numérico llamado Índice de Condición del Pavimento, que varía desde cero para un pavimento fallado, hasta 100 para un pavimento en perfecto estado, el cual nos permite evaluar cualitativamente la condición del pavimento.

1.1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida la aplicación de la metodología PCI determina el estado de conservación, en la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo?

1.1.3 Justificación del Estudio

Justificación Técnica:

La presente investigación centra su importancia técnica en que nos permitirá conocer el estado superficial actual del pavimento flexible en la Avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

Es decir, mediante este análisis, determinaremos su estado de conservación real mediante el uso del método del PCI.

Con esta información se podrá intervenir oportunamente y determinar si se hace una rehabilitación, mantenimiento o una construcción nueva.

Justificación Social:

La elección adecuada de las técnicas de mantenimiento y rehabilitación permitirán prolongar la vida útil del pavimento lo que representa para los usuarios un mayor confort y seguridad en el desplazamiento de sus vehículos, lo que a futuro representaría un ahorro en mantenimiento de sus unidades vehiculares.

Se recomienda el uso de esta metodología a la Gerencia de Obras de la Municipalidad Provincial de Trujillo, lo cual permitirá el desarrollo de una mejor estrategia de mantenimiento y rehabilitación de las vías.

Justificación Académica:

Permite la aplicación de este método de análisis y evaluación superficial del pavimento flexible, para conocer el estado de conservación de una vía.

Como beneficio adicional es que los futuros ingenieros conozcan la aplicación del método del PCI, dado que es una metodología más completa, además de ser confiable y económica.

1.1.4 Limitaciones

La limitación de nuestro proyecto de investigación se basa en que no se han realizado estudios previos con esta metodología en nuestra localidad, por tanto, la información que se tiene al respecto es nula.

Dificultad para la recolección de datos por la imprudencia de los conductores, se tuvo que identificar horas clave para realizar el análisis en el área respectiva.

Por ser una zona de alta peligrosidad delincuencial, no se logró realizar el estudio de tráfico en horas de la madrugada.

1.1.5. Objetivos del estudio

General

Aplicar la metodología PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible, para determinar el estado de conservación de la Av. Camino Real de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

Específicos

- Evaluación preliminar de la zona de estudio, aplicando los parámetros de la metodología PCI.
- Aplicar la metodología PCI en el área de análisis.
- Determinar el nivel de severidad que presentan cada tipo de falla.
- Obtener un indicador que permita seleccionar la técnica adecuada de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento en estudio.
- Determinar el EAL mediante el estudio de tráfico de la vía.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Antecedentes

Ávila (2014), presentó una tesis denominada “Evaluación de Pavimentos en Base a Métodos No Destructivos y Análisis Inverso de la Vía Chicti – Sevilla de Oro” de la Universidad de Cuenca. Este trabajo analiza la eficiencia de la deflectometría de impacto donde se quiere evaluar la capacidad portante del pavimento y en uno de sus objetivos específicos fue realizar una evaluación del pavimento mediante la aplicación de la metodología PCI. Sus conclusiones al respecto fueron los resultados obtenidos de la evaluación estructural de la vía, dando una idea general de la condición actual. Con lo que se puede concluir que actualmente la vía presenta condiciones aceptables. Sin embargo, mediante la determinación del índice de condición del pavimento (PCI) se establece la necesidad de realizar mantenimientos rutinarios que van desde el sellado de grietas longitudinales y transversales.

Umaña, (2015), realizó una tesis llamada “Diseño de la Intervención para la estructura de pavimento flexible en secciones representativas de la red vial Cantonal de Curridabat”, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Este trabajo de investigación su objetivo es recomendar el tipo de diseño para intervenir las principales vías de Curridabat que tengan pavimento flexible, usando métodos visuales y técnicos, como primer objetivo específico esta tesis tuvo: Calificar visual y detalladamente el estado de las vías cantonales con estructura de pavimento flexible, por medio del método PCI, llegando a concluir que la clasificación visual de las vías en estudio arrojó valores de acuerdo con la condición presentada según las fallas existentes. Para la técnica de Preservación corresponde un 18 %, para la técnica de Rehabilitación Menor corresponde un 27%, para la técnica de Rehabilitación Mayor corresponde un 27 % y para la técnica de Reconstrucción Total corresponde un 28 %.

González, (2015), presentó un estudio llamado “Fallas en el Pavimento Flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur - Cajamarca” de la Universidad Privada del Norte. Este proyecto se orienta principalmente en la importancia de evaluar el estado del pavimento flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur, aplicando la metodología PCI, en la cual sus objetivos eran describir las fallas, determinar el tipo de severidad y establecer propuestas para una operación futura de mantenimiento. Logrando llegar a la conclusión que se logró evaluar, por medio de formatos de inspección para pavimentos flexibles, permitiendo concluir que 929.88 metros cuadrados, el 2.66 % del total evaluado, presenta fallas de diferente tipo, siendo la de parches (PCH) la que presenta mayor cantidad de repeticiones con 198 veces. Se han determinado que las fallas en el pavimento flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur si son de severidad baja, siendo el más repetitivo parche (PCH), con una incidencia de 278.74 metros cuadrados.

Portillo, (2015), presentó la tesis “Evaluación Estructural de Fallas del Pavimento Flexible por el método no destructivo en la carretera puno - Ilave” de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Cuyo objetivo principal es determinar los factores técnicos que produjeron la falla estructural del pavimento flexible por el método no destructivo y para lograrlo utilizaron en primera instancia la metodología PCI, para lo cual determinaron que trabajarían con una longitud de la unidad de muestra sería de 25 m. La investigación llegó a las conclusiones que en la carretera Puno – Ilave, tramo 1 388+000 al 1 391+000, aplicaron el método no destructivo con lo que se determinó un índice de condición de pavimento BUENO, circulación cómoda, con fallas incipientes como: depresiones debidas a pequeñas deformaciones, defectos y/o agrietamientos de la superficie de rodadura. Al presentar una condición BUENO y deflexiones MUY BAJOS dedujeron que no tiene problemas estructurales.

Hernández, (2014), presentó una tesis llamada “Índice de Condición de Pavimento de la Carretera Jancos – San Miguel de Pallaques”, Universidad Nacional de Cajamarca, cuyo objetivo principal es la aplicación de la

metodología PCI para dicha vía, según el autor esta metodología es muy empleada en varios países de América Latina; cuya conclusión fue en la inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI (Índice de condición del Pavimento), logró determinar que el pavimento de la carretera Jancos- San Miguel de Pallaques, presenta un estado REGULAR debido, a un valor de PCI de 50.13.

Debido al resultado de PCI de la vía y con su Diagnóstico Regular, indica que el pavimento se encuentra en condiciones de circulación normal, pero que perjudican el tránsito de los vehículos, y no brinda un adecuado confort a los mismos y a los conductores y pasajeros.

Según la categoría de mantenimiento sugerido según condición actual de las vías, para un índice de condición de pavimentos regular, se debe de realizar un Mantenimiento Intensivo.

Sótil, (2014), realizó la investigación “Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales” para Perú. Publicada en la revista Infraestructura Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR)

La ponencia ha presentado una propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) para el Perú basado en la metodología del cálculo del PCI según norma ASTM, que servirá para clasificar los pavimentos desde condición Excelente hasta condición Muy Pobre.

Esta propuesta viene a complementar los diversos documentos disponibles tanto por el MTC y MVCS, que se han enfocado en el análisis de los pavimentos, pero a una escala de proyecto mas no de jurisdicción y/o administración local municipal o regional.

La ponencia tiene como objetivo el proponer a las jurisdicciones respectivas la metodología que le permita abandonar las decisiones de reparación basadas en política (presión popular, reclamos), para pasar a un sistema objetivo, racionalizado y programado con base probabilística y estocástica, basada en evaluaciones funcionales y de confortabilidad.

1.2.2 Bases Teóricas

Clasificación de pavimentos:

a) Pavimento flexible. También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

b) Pavimento rígido. El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores. El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

c) Pavimento híbrido. Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios. Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido.

Etapas de los pavimentos

Los pavimentos antes, durante y después de su vida de servicio, afrontan diferentes criterios que permiten comprender a qué están sujetos. Estas etapas están referidas a la construcción, rehabilitación y mantenimiento.

a) Diseño y Construcción: La primera etapa para la construcción de un pavimento es la investigación de campo, comprende la búsqueda de la información disponible, los análisis de tráfico, la calidad de materiales y otros aspectos necesarios para el diseño.

Primeramente, debe realizarse un análisis de toda la información posible, para ello es necesario verificar la calidad de los materiales disponibles en las canteras. Indispensable hacer la evaluación de la subrasante, así como los ensayos de laboratorio, la planimetría y los niveles finales del pavimento.

En lo posible debe recopilarse la mayor cantidad de información disponible sobre el tráfico y en caso de no contar con ella, realizar con mucho cuidado, las estimaciones necesarias.

Luego de realizar la recopilación de datos, trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se procede al diseño correspondiente.

Este procedimiento de diseño consiste en elegir una adecuada combinación de espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por las solicitaciones a que se somete la estructura, permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil de la estructura que están constituyendo. Una vez establecidos todos estos parámetros, se procede a la construcción del pavimento, correctamente estructurado.

b) Mantenimiento: Son los trabajos, actividades, operaciones, acciones y cuidados rutinarios, periódicos o de emergencia, destinados a lograr que la infraestructura vial preserve la condición superficial, funcional, estructural y de seguridad requerida, a efectos de asegurar la satisfacción de los usuarios y en general atender de manera adecuada el tránsito. Por razones operativas, el mantenimiento se subdivide en mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia (prevención y atención).

Mantenimiento rutinario:

Comprende actividades y trabajos básicos, permanentes y frecuentes, que se desarrollan con la finalidad de proteger y preservar principalmente la condición superficial y funcional del pavimento, permitiendo que cumpla con el período de

vida para la que fue diseñada, sin ser afectada su capacidad estructural, producto de las solicitaciones de carga previstas en el diseño u otros agentes.

- **Mantenimiento periódico:**

Comprende trabajos de tratamiento para restablecer ciertas características superficiales como la textura o simplemente a mantener la durabilidad de la mezcla asfáltica y prevenir la aparición de fisuras y grietas, aplicándose mientras el pavimento se encuentra en buen estado, sin llegar al estado regular.

Comprende trabajos de renovación y consiste en agregar una capa adicional sobre el pavimento conocido como recapeo sin alterar significativamente la estructura subyacente, o ejecutar trabajos de fresado y/o reciclado del pavimento. Este segundo caso se aplica cuando el pavimento se encuentra en estado regular, antes de llegar a un mal estado.

Los trabajos de recapeo indicados, aparte de la función de renovar la superficie de rodadura, deben cumplir con la función de reforzar la estructura del pavimento para alcanzar el objetivo de extender la vida útil de la infraestructura vial, por lo que su cálculo y dimensionamiento deben estar acordes con la actualización de las solicitaciones de carga en la vía y debe aprovechar además la capacidad remanente de soporte estructural del pavimento existente.

- **Rehabilitación:**

La rehabilitación es una intervención no deseada, surgiendo en su mayoría de casos, como una necesidad por no haber existido una adecuada conservación, o como una respuesta necesaria a los efectos de un desastre natural.

Un pavimento puede presentar dos tipos de rehabilitación, superficial y estructural.

Una rehabilitación superficial, se orienta a la colocación, sobre la superficie existente de una carpeta delgada de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Esta es la solución más simple a un problema, debido a que el tiempo requerido para completar los trabajos es corto y existe un impacto mínimo

sobre los usuarios de la vía. El fresado y conformación de material granular, es muy utilizado en los casos en los que se requiere aumentar la capacidad portante del pavimento, así como otras alternativas.

Una rehabilitación estructural puede orientarse a una reconstrucción total. Esta es la opción elegida cuando se combina la rehabilitación con una decisión de mejoramiento que demanda un cambio significativo de la vía. También son considerados la construcción de capas adicionales sobre la superficie existente.

Fallas en los pavimentos

En todos los métodos de diseño de pavimentos se acepta que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural.

Fallas por fatiga: Se trata de pavimentos que originalmente estuvieron en condiciones apropiadas, pero que por la continua repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga. (Vergara, 1997)

Sin embargo, las fallas en los pavimentos tanto flexibles como rígidos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son; fallas superficiales y fallas estructurales.

Fallas superficiales: Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a los deterioros en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. (Gutiérrez, 1994)

Fallas estructurales: Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir las sollicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y el futuro estimado. (Gutiérrez, 1994)

Las causas de las fallas en los pavimentos flexibles se deben:

Tráfico de diseño. Son cargas mayores a las de diseño un incremento no contemplado del tráfico. En muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores en la aproximación de cargas o también al incremento del tráfico en los años. (Gutiérrez, 1994)

Proceso constructivo. - Deficiencias en los procesos de construcción empleados, mala calidad y dosificación de materiales. Se presentan estructuras de pavimento débiles, originados por espesores incorrectos de las capas, diseños de mezcla inadecuados, y muchas veces deficiencia en la distribución y compactación de las capas. (Gutiérrez, 1994)

Deficiencias de proyecto. - Diseños mal elaborados, estudio incompleto de la subrasante, entre otros. Elaboración de proyectos inadecuados, donde no se hacen los estudios competentes y básicos para un buen diseño, así como la falta de consideraciones de futuros imprevistos en los procesos constructivos. (Gutiérrez, 1994)

Factores ambientales. - Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias, congelamientos y otros. (Gutiérrez, 1994)

Conservación deficiente. - Técnicas inadecuadas del mantenimiento y muchas veces ausencia del mismo. Se observa que muchas vías de diferente tipo de importancia no reciben un mantenimiento rutinario ni periódico. (Gutiérrez, 1994)

Evaluación de pavimentos

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es

de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

a) Importancia de la evaluación

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las medidas correctivas oportunas, consiguiendo con ellas, cumplir el objetivo de una serviciabilidad óptima al usuario. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio, previniendo una futura mayor inversión.

b) Objetividad

La objetividad en la evaluación de pavimentos cumple un rol importante, pues se requiere personas bien capacitadas para que realicen las evaluaciones, caso contrario, las pruebas llegan a perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, asimismo, es importante que seleccionemos un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para afirmar que se ha realizado una evaluación completamente objetiva.

Existen diferentes tipos y métodos de evaluación de pavimentos. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

Evaluación de la adherencia

La adherencia neumático-calzada es una de las características superficiales del pavimento que tiene influencia en la seguridad del conductor, ya que permite: reducir la distancia de frenado y mantener en todo momento la trayectoria deseada del vehículo. Para el caso de parámetros de seguridad del pavimento, la micro textura puede ser considerada a través de la determinación del coeficiente

de fricción mediante el péndulo de fricción del “Transport Research Laboratory” (TRL) o péndulo inglés. En cuanto a la macro textura, se determina con el ensayo de parche de arena el que consiste en esparcir un volumen conocido de arena de granulometría normalizada sobre el camino en forma circular con un accesorio de caucho, y valorar luego cual es la altura de arena (HS) que entró, en promedio, en el círculo definido. (González, 2004).

Evaluación estructural

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los ensayos destructivos y los ensayos no destructivos. Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de esta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación y mejoramiento. Los trabajos suministran información adicional como los espesores de las capas conformantes, contenidos de humedad, posible causa del deterioro de la capa, densidad de cada capa y la capacidad de soporte en el material subrasante.

Por otro lado se pueden realizar perforaciones con la ayuda de equipos de calado, saca muestras; esta alternativa, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” por cuestiones de espacio.

Los ensayos no destructivos pueden llevarse a cabo mediante medidas de deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión producida por la carga, son útiles para investigar las propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema más difundido de medición de deflexión es mediante el empleo de la viga Benkelman. Este dispositivo se utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, e integrar sus resultados para una interpretación global.

Otro equipo con el que se pueden realizar mediciones es con un deflectómetro de impacto. Este es un método no destructivo, que sirve para la evaluación estructural del pavimento y conocimiento detallado de su estado. Esta técnica es de alto rendimiento, sin mayores interferencias al tránsito de las vías y además es utilizado de forma rápida y precisa. Por otro lado, puede utilizarse el perfilómetro láser, principalmente en la etapa de recepción, este proporciona información sobre la rugosidad del pavimento, cuya información permite estimar la serviciabilidad actual del pavimento. (González, 2004).

Evaluación superficial

Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo.

Existen diversos métodos para la evaluación superficial de los pavimentos. Son métodos sencillos de aplicar y no requieren de equipos sofisticados. La inspección visual que se realiza, es una de las herramientas más importantes en la aplicación de estos métodos, y forma parte esencial de esta investigación. Por lo general la evaluación se realiza en dos etapas, una inicial y otra detallada.

La evaluación inicial tiene como fin hacer una inspección general del proyecto. Esta tarea se realizará recorriendo la vía ya sea a pie o por vehículo para determinar la serviciabilidad que está brindando el pavimento, finalmente será abarcando todo el tramo de vía a evaluar.

La evaluación detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y realizando la recopilación de datos, en donde es necesario describir todo tipo de falla encontrados en función a su clase, severidad y cantidad o densidad.

Método de Evaluación Superficial Pavement Condition Index (PCI)

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978; con el objetivo de 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, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03). Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El método se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

El cálculo se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. El PCI no requiere de ningún equipo especial o sofisticado para realizar la evaluación; ya que brinda información fidedigna sobre las fallas presentes en el pavimento, su severidad y la condición final que este presenta; por su empleo que no resulta ser complejo; porque es un método estándar y más detallado para evaluar pavimentos y por ser la base para determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación del pavimento. (Gutiérrez, 1994)

Índice de condición del pavimento (PCI)

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. Esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre “0” para un estado fallado y un valor de “100” para un estado excelente. Se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla N° 2

Escala de Clasificación del PCI

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

Fuente: Pavement Conditional Index (Luis R. Vásquez Varela)

Introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El método PCI es un procedimiento que consiste en la determinación de 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. (ASTM, 2004).

Objetivos

- a) Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método

permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad.

Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- b) Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

Muestreo y unidades de muestra

Se Identifica los tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red. Luego, se divide cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo. Después dividimos las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.

Ya divididas las secciones, se identifican las unidades de muestras individuales que serán inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es indispensable que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.

Seguidamente se procede a seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Es necesario que las unidades de muestra adicionales deban ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

Procedimiento de evaluación

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende una etapa de trabajo de campo y otra etapa de cálculos aplicando la metodología respectiva; y es el siguiente: Primero se inspecciona individualmente cada unidad de muestra seleccionada, luego, se registra el tramo y número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra. Es necesario que se tome el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual. Cuando se realice la inspección de las fallas, se debe cuantificar cada nivel de severidad y registrar la información obtenida. Los tipos de fallas y el grado de severidad se encuentran descritos en el ítem 2.2.10 Es necesario mencionar que el método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Los daños o fallas se identificarán, teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de los mismos.

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 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 (L: Low): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.

Medio (M: Medium): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.

Alto (H: High): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad.

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.

Para la evaluación de campo, una vez definidas las unidades de muestreo UM-i, a partir del seccionamiento de la vía, en el que también se considerará el ancho total de cada calzada, se inspeccionará cada unidad de muestra para medir el tipo, severidad y cantidad de los daños de acuerdo con el patrón de evaluación, y se registrará toda la información en el formato correspondiente (hoja de información de exploración de la condición) para cada unidad de muestra.

En el formato ya mencionado se hará registro por cada renglón un daño, su extensión y su nivel de severidad, para ello se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de las medidas de los daños descritos en el ítem de catálogo de fallas en pavimentos flexibles. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

Cálculo del PCI: Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo está basado en los “valores deducidos” de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI puede realizarse de manera manual o computarizada bajo una base de datos bien estructurada.

Para objeto de este estudio se está empleando la metodología de cálculo recomendada por U.S. Army Corps of Engineers, aplicada a pavimentos con carpeta de rodadura asfáltica.

El cálculo del PCI, comprende las siguientes etapas:

Etapas 1 Cálculo de los valores deducidos (VD):

Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de daño y se registra en las columnas dadas por el formato. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

Se divide la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y expresar el resultado en porcentaje. Esta será la densidad de cada daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

Se determina el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas y tablas denominadas “valor deducido del daño”. Las tablas se encuentran en los anexos.

Etapas 2 Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” (VDT) en lugar del “valor deducido corregido” (VDC), obteniendo en la Etapa 4, de lo contrario se seguirán los pasos que continúan.

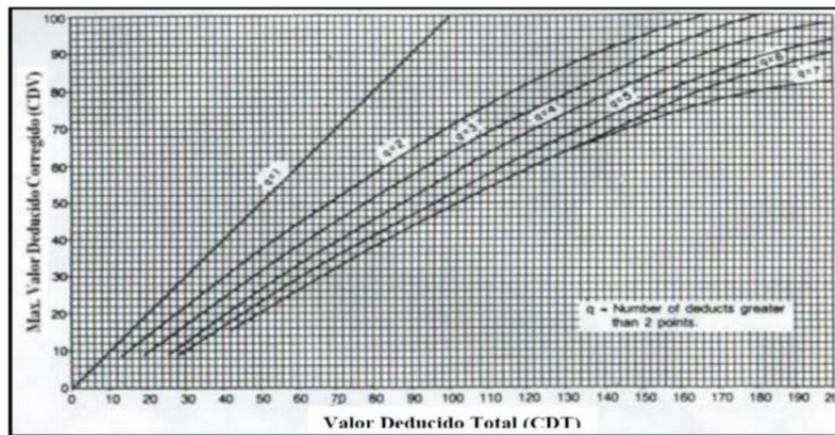
Se listan los valores deducidos individuales en orden descendente.

Se determina el “Número máximo de valores deducidos” (m), utilizando la ecuación:

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

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

Etapa 3 Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV): Este paso se realiza mediante un proceso iterativo que se describe a continuación: Se determina el número de valores deducidos (q) mayores que 2. Se procede a determinar del “valor deducido total” sumando todos los valores individuales. Se calcula el CDV con el “q” y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento. La misma que se encuentra en el Anexo: Valores Deducidos. Se reduce a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor a 2.0 y repita las etapas iniciales de esta etapa hasta que sea igual a 1. El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en este proceso.



Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

Figura N° 01

Etapa 4: Determinar el PCI de la unidad restando el “máximo CDV” de 100, obtenido en la ETAPA 3.

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Dónde: PCI: Índice de Condición del pavimento Máx. CDV: Máximo valor corregido deducido

El PCI promedio, resulta ser el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

Materiales e instrumentos de evaluación

- a) Formato de registro: Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la evaluación; fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de falla, niveles de severidad, cantidades, nombres del personal encargado de la evaluación.

Tabla N° 3

METODO PCI				ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: _____		Sección: _____		Unidad de muestra: _____				
Ejecutor: _____		Fecha: _____		Área: _____				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

- b) Odómetro manual: Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.
- c) Regla o cordel: Necesarios para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento de estudio.
- d) Conos de seguridad vial: Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento

Catálogo de fallas en los pavimentos

Las fallas consideradas por el método “Pavement Condition Index (PCI)” son un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen más comunes en la degradación del pavimento flexible.

Para pavimentos flexibles los tipos de fallas son agrupados en 4 categorías: fisuras y grietas, deformaciones superficiales, desintegración de pavimentos, afloramientos y otras.

a) Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica o base estabilizada donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Severidades

Baja (L): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

Media (M): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

Se han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos.

Alta (H): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes.

Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito. Se llega a presentar bombeo.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Evolución de la falla

Deformaciones, descascaramientos y baches.

b) Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.3m x 0.3m hasta 3.0m x 0.3m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última está formada por bloques con más lados y ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Severidades

Baja (L): Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos, no presentan despostillamiento en los bordes. Pueden llegar a tener aberturas de 10mm.

Media (M): Bloques definidos por fisuras entre 10mm a 30mm, y pueden como no, presentar despostillamiento en los bordes.

Alta (H): Bloques mejor definidos por fisuras de abertura mayor a 30mm, presenta un alto despostillamiento en los bordes.

Unidad de medición: Se registra el área de superficie afectada en metros cuadrados (m²). Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad. Es posible que se combinen estos daños con piel de cocodrilo, caso en el que se debe registrar cada daño por separado.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, descascamientos.

c) Grieta de borde

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Severidades

Baja (L): Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento. Abertura menor que 10mm, cerrada o con sello en buen estado.

Media (M): Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento. Abertura entre 10mm y 30mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes y pueden presentar fragmentaciones leves y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.

Alta (H): Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. Abertura mayor que 30mm, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición Se miden en metros lineales (m), si existieran varias fisuras muy cercanas, se reportará el área total afectada en metros cuadrados, de ser

posible por severidad o asignando a toda el área afectada la mayor severidad encontrada.

Evolución de la falla

Desprendimiento del Borde o descascaramiento.

d) Grieta de reflexión de junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base, por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

Severidades

Baja (L): Grieta sin relleno de ancho menor que 10mm.

Media (M): Grieta sin relleno con ancho entre 10mm y 76mm; así como grietas sin relleno de cualquier ancho hasta 76mm y grietas rellenas de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento.

Alta (H): Se pueden presentar grietas rellenas o no, rodeadas de agrietamiento aleatorio de media a alta severidad, y también grietas sin relleno mayor de 76 mm.

Unidad de medición

La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales (m). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15m puede tener 3m de grietas de alta severidad y el resto de otras, y si existiera un abultamiento, también debe registrarse.

Evolución de la falla

Fisura en Bloque, descascaramiento, baches.

e) Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: una junta de carril del pavimento pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura, una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Sin embargo, son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las genero, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Severidades

Baja (L): Grieta sin relleno de ancho menor a 10mm, cerrada o con sello en buen estado.

Media (M): Grieta sin relleno de ancho entre 10mm a 76mm, a veces rodeada de grietas aleatorias pequeñas y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.

Alta (H): Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o baja. Grietas de más de 76mm de ancho, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales (m). Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por

separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse. Se reportará el área total afectada en metros cuadrados, de ser posible por severidad o asignando a toda el área afectada la mayor severidad encontrada.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, desintegración, descascaramiento, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

f) Grieta parabólica

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Severidades

Baja (L): Abertura de la grieta menor que 10mm.

Media (M): Abertura de la grieta entre 10mm y 38mm, pueden presentar fragmentaciones leves y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.

Alta (H): Abertura de la fisura mayor que 38mm, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²), correspondiente a la longitud de la vía afectada multiplicada por el ancho de afectación de la fisura, asignando el grado de severidad correspondiente. Si en la zona también se presenta un hundimiento se debe reportar su flecha máxima. Además, debe registrarse si la grieta afecta la berma o la cuneta.

Evolución de la falla

Ampliación del proceso (aumento del área afectada), aumento del hundimiento

g) Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencia de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causan grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman ondulaciones. Puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua. El reporte del daño debe incluir la orientación o la forma de hundimiento.

Severidades

Baja (L): Originan una calidad de tránsito de baja severidad. En los abultamientos tiene una altura menor de 10mm. En los hundimientos una profundidad no mayor a 20mm.

Media (M): Originan una calidad de tránsito de severidad media. En los abultamientos tiene una altura entre 10mm y 20mm.

En los hundimientos una profundidad entre 20mm y 40mm.

Alta (H): Originan una calidad de tránsito de severidad alto.

En los abultamientos tiene una altura mayor de 20mm.

En los hundimientos una profundidad mayor a 40mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, esta también se registra.

Evolución de la falla

En el caso de abultamientos: fisuración, desprendimientos, exudación y ahuellamiento.

En el caso de Hundimientos: fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

h) Corrugación

La corrugación también llamada “lavadero” es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Severidades

Baja (L): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de baja severidad.

Media (M): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de severidad media.

Alta (H): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

i) Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Severidades

Baja (L): Profundidades de depresión entre 13mm a 25mm. Media (M): Profundidades de depresión entre 25mm a 51mm. Alta (H): Profundidades de depresión mayor a 51mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

j) Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Severidades:

Baja (L): Profundidad media del ahuellamiento de 6mm a 13mm. Media (M): Profundidad media del ahuellamiento entre 13mm a 25mm. Alta (H): Profundidad media del ahuellamiento mayor a 25mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, Desprendimientos

k) Desplazamientos

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

Severidades

Baja (L): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de baja severidad.

Media (M): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de severidad media.

Alta (H): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si hubiera desplazamientos ocurrido en parches, se consideran para el inventario de daños como parches, no como daño separado.

l) Hinchamientos

Se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento; una onda larga y gradual con una longitud mayor de 3.0m, que distorsiona el perfil de la carretera. Puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos expansivos.

Severidades

Baja (L): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de baja severidad, no siempre es fácil de ver. Pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

Media (M): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad media.

Alta (H): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada.

m) Huecos

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Severidades

Baja (L): Diámetro medio de 102mm a 203 mm. Profundidad de afectación entre 12.7mm a 25.4mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.

Media (M): Diámetro medio que va entre 203mm a 457mm. Profundidad de afectación entre 25.4mm a 50.8mm, dejando expuesta la base granular.

Alta (H): Diámetro medio que va entre 457mm a 762mm. Profundidad de afectación mayor a 50.8mm, afectando la base granular.

Si el diámetro medio del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Unidad de medición

Se miden en unidades de fallas, contando aquellos que sean de diferentes tipos de severidades.

Evolución de la falla

Completo deterioro de la estructura.

n) Desprendimiento de agregados

El desprendimiento de agregados es la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

Severidades

Baja (L): Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda. Se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15m.

Media (M): Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05m y 0.15m.

Alta (H): Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 0.05m, se observan agregados sueltos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada.

Evolución de la falla:

Descascaramientos, aumento de la permeabilidad de la estructura, exudación.

o) Exudación

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto

en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Severidades

Baja (L): La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

Media (M): La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año. Se torna pegajoso en los climas cálidos.

Alta (H): La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año. Le da un aspecto húmedo de intensa coloración negra y se torna pegajoso en los climas cálidos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada y de acuerdo a la severidad. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

p) Pulimento de agregados

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es

bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares.

Severidades

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados.

q) Desnivel carril – berma

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Severidades

Baja (L): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 25 mm y 51 mm.

Media (M): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 51 mm y 102 mm.

Alta (H): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es mayor a 102 mm.

Unidad de medición

Se miden en metros lineales (m)

Evolución de la falla

Posibles Hundimientos y Fisuras de Borde.

r) Parcheo

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no

importa que tan bien se comporte usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento. Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño. Algunas veces sirve para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios. Se debe considerar que si la intervención realizada solo comprendió el reemplazo del espesor parcial o total de la carpeta asfáltica, se denomina parcheo. Si la intervención reemplazo parcial o total de granulares, se denomina como bacheo.

Severidades

Baja (L): El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

Media (M): El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

Alta (H): El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Unidad de medición

Los parches se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Ningún otro daño se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Evolución de la falla

Aceleración del deterioro ya existente.

s) Cruce de vía férrea

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Si el cruce no altera ni afecta la calidad del tránsito, entonces no debe registrarse.

Su nomenclatura es CVF.

Severidades

Baja (L): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

Media (M): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

Alta (H): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

1.2.3 Definiciones

Manual de Carreteras: El Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad es un documento elaborado con el objeto de establecer políticas y uniformar procedimientos e instrucciones en las distintas áreas técnicas en que ésta se desenvuelve, para cumplir su función de planificar, diseñar, construir, conservar y operar las carreteras y caminos que componen la red vial del país de su tuición; junto con velar por la seguridad vial y protección ambiental. El Manual de Carreteras está concebido como un sistema integral, en permanente actualización, que entrega pautas, métodos, procedimientos y criterios aplicables en las diferentes materias, apoyando a profesionales y técnicos, tanto públicos como privados.

MVCS: Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú es el Ministerio encargado de las materias de viviendas, las construcciones que se realizan a través del territorio peruano, además de promover el agua y desagüe de todos los peruanos.

RENAC: El Registro Nacional de Carreteras (RENAC) es un instrumento de gestión de carácter oficial en el cual se inscriben las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Este registro incluye, entre otros, información relacionada con sus longitudes, características generales de la superficie de rodadura, etc. El RENAC es conducido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) – MTC.

Provias Nacional: cumple las siguientes funciones dentro de la Red Vial Nacional: Es responsable de la ejecución de las obras del programa de inversiones correspondiente a la construcción, rehabilitación o mejoramiento de carreteras, puentes y otras obras relacionadas con la Red Vial Nacional.

Red de pavimento. Es el conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida, es una red de pavimento.

Tramo de pavimento. Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

Unidad de muestra del pavimento. Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 93 m², si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

Muestra al azar. Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

Muestra adicional. Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento.

Tránsito vehicular: Acción de ir o pasar de los vehículos de un punto a otro por vías públicas. (RNE, 2010).

Confiabilidad: Es la probabilidad de que el pavimento que se ha estructurado, se pueda comportar satisfactoriamente bajo las características que se han definido y cumpla con el periodo de vida útil para el cual fue diseñado (AASTHO, 2001).

Severidad: Criticidad del deterioro o percepción que se tiene sobre el pavimento, gravedad de daño del pavimento. (Shanin, 2005).

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Formulación de la Hipótesis

La aplicación de la metodología PCI determina el estado de conservación, en la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

1.3.2. Operacionalización de Variables

Tabla N° 4

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Independiente: Método Pavement Condition Index (PCI)	Es una metodología que constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos.	Parámetros de evaluación	Identificar y describir las fallas que presenta el pavimento en estudio. - Clase - Severidad - Extensión	Banco de preguntas 1,2 y 3
		Índice de condición	- Cálculo del valor deducido - Determinar el número máximo admisible de valor deducido - Cálculo del máximo valor deducido corregido - Determinar el PCI	Banco de preguntas 4,5,6 y 7
		Condición de pavimento	- Identificar la escala de clasificación PCI - Determinar la condición según la escala.	Banco de preguntas 8 y 9
Dependiente: Evaluación superficial del pavimento flexible	Actividad que permite conocer la condición de los pavimentos.	Evaluación Preliminar	Parámetros de evaluación	Formatos de registro y evaluación
		Evaluación Detallada	Índice de condición	
			Condición del pavimento	

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	INDICES	MÉTODO
<p>¿En qué medida la aplicación de la metodología PCI determina el estado de conservación, en la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo?</p>	<p>General: Aplicar la metodología PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible, para determinar el estado de conservación de la Av. Camino Real de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.</p> <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación preliminar de la zona de estudio, aplicando los parámetros de la metodología PCI. • Aplicar la metodología PCI en el área de análisis. • Determinar el nivel de severidad que presentan cada tipo de falla. • Obtener un indicador que permita seleccionar la técnica adecuada de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento en estudio. • Determinar el EAL mediante el estudio de tráfico de la vía. 	<p>La aplicación de la metodología PCI determina el estado de conservación, en la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.</p>	<p>Dependiente: Evaluación superficial del pavimento flexible</p> <p>Independiente: Método Pavement Condition Index (PCI)</p>	Evaluación Preliminar	Parámetros de evaluación	<p>La metodología a realizarse será del tipo Descriptivo / No Experimental; aplicando la metodología según la Norma ASTM D6433-03</p> <p>Donde analizaremos el tipo de daños, la severidad y densidad o cantidad en la auscultación del pavimento flexible.</p>
				Evaluación Detallada	Índice de Condición Condición del Pavimento	
				Parámetros de Evaluación	Clase Severidad Densidad	
				Índice de Condición	*Cálculo del valor deducido. *Determinar el número máximo admisible de valor deducido. *Cálculo del máximo valor deducido corregido. *Determinar el PCI.	
				Condición de pavimento	*Identificar la escala de clasificación PCI *Determinar la condición según la escala.	

RESULTADOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>La metodología PCI nos indica realizar la evaluación de la vía en mención con unidades de muestra en forma aleatoria, pero en el presente estudio decidimos evaluar la avenida Camino Real en su totalidad, para obtener un resultado de mayor precisión y de esta manera reducir el margen de error, logrando con esto aumentar el índice de confiabilidad.</p> <p>Al evaluar la avenida Camino Real de forma aleatoria obtuvimos que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) promedio es de 82.56 y se encuentra en estado ó condición “MUY BUENO”.</p> <p>Mientras que, evaluando todas las unidades de muestra de la vía en estudio, se determina que el Índice de Condición del Pavimento de la avenida Camino Real es de 87.52 y se encuentra en estado ó condición “EXCELENTE”.</p> <p>Describiremos las 12 fallas encontradas en las distintas unidades de muestra. Piel de cocodrilo, Exudación, Abultamiento y Hundimientos, Depresión, Grietas Longitudinales y Transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Huecos, Ahuellamiento, Grieta Parabólica, Hinchamiento, Desprendimiento de agregados.</p> <p>Las fallas con mayor extensión encontradas a lo largo de la vía estudiada son Depresión con 502.77 m² y Pulimento de agregados con 563.82 m², a pesar de que ambas se presentan con severidad baja, no dejan de ser un problema a futuro si es que no es intervenida oportunamente ya que la evolución de la falla Depresión a corto plazo son los baches y para el Pulimento de agregados es la desintegración de la carpeta asfáltica.</p> <p>Una vez obtenido el Indicador en condición “EXCELENTE” hacemos uso de la Tabla N° 16 la cual nos indica el tipo de intervención a seguir, nos dice que un pavimento en esta condición no requiere de acciones correctivas inmediatas; sino ocasionalmente requiere acciones de Mantenimiento Mínimo Preventivo.</p>	<p>Concluimos que al aplicar la Metodología PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible, determina que su estado de conservación es Excelente cuyo valor de PCI es 87.52 a lo largo de sus 3 044.70 mts. Las fallas más predominantes en el tramo N° 1 son: Pulimento de agregados con un área total de 377.82 m² con un porcentaje de 24.79 % con severidad baja y Depresión con un área total de 368.72 m² con un porcentaje de 24.19 % con severidad media. La falla que mayor predomina en el tramo N° 2 es Pulimento de Agregados con un área total de 186 m² con una representatividad del 12.23 %.</p> <p>El tramo N° 1 (Carril Derecho) se subdivide en dos partes, la primera comprende desde la Av. Federico Villarreal siendo la progresiva 0 + 000 comprendiendo las calles transversales Los Rubíes, Los Diamantes, Los Topacios, Los Zafiros hasta La Av. Pesqueda siendo su progresiva 0 + 957.50 (U.M. 26), este subtramo muestra los tipos de fallas por incremento de carga vehicular. La segunda inicia en La Av. Pesqueda cuya progresiva es 0+957.50, comprende las calles Las Crisoprasas, Las Turmalinas, Las Ánimas, San Martín hasta la calle Chachani cuya progresiva es 1 + 524.</p> <p>El tramo N° 2 (Carril Izquierdo) inicia en la calle Chachani en la progresiva 0 + 000 comprendiendo las calles Turmalinas, Las Crisoprasas, la Av. Pesqueda, Las Amatistas, La Esmeralada, Los Zafiros, Los Topacios, Los Diamantes, Los Rubíes hasta la Av. Federico Villareal cuya progresiva es 1 + 520.70.</p> <p>Para cumplir nuestro primer objetivo se realizó la evaluación preliminar de la zona de estudio, en el cual aplicamos los parámetros de la metodología PCI, donde se determinó que:</p> <p>La avenida Camino Real se encuentra ubicada entre la Avenida Federico Villarreal y la calle Chachani en el distrito de Trujillo y cuenta con dos calzadas de pavimento flexible bidireccionales de 6.00 mts. de ancho, subdividida en dos carriles por calzada más un separador de 7.00 mts. de ancho.</p>	<p>Se recomienda que en la recolección de datos de campo y la evaluación superficial del pavimento se debe considerar dentro de la lista de materiales, el catálogo de fallas del PCI y que es importante contar con la guía de un especialista con experiencia en el área, y también contar con los equipos de seguridad y protección personal.</p> <p>Para el estudio de una vía a nivel de proyecto se recomienda evaluar todas las unidades de muestras y no de forma aleatoria, ya que de esta manera se obtiene una mayor confiabilidad en los resultados.</p> <p>Se recomienda una intervención inmediata por parte de las autoridades encargadas del mantenimiento de las vías locales a fin de evitar que las severidades de las fallas tales como Piel de Cocodrilo, Grietas Longitudinales, Exudación, Parcheo Utilitario, Depresiones, Hueco, Abultamiento y Hundimiento, Pulimento de Agregados, se agraven en un corto plazo.</p> <p>Se recomienda como Acción Mínima Correctiva una limpieza y sellado de las grietas, un riego pulverizado que viene a ser una aplicación ligera de emulsión asfáltica sin considerar el uso de agregados ya que el pulimento de agregados presenta una severidad baja.</p>

<p>Según la tabla N° 11, determinamos que las repeticiones de carga de tránsito es la causa que origina el 50% de las fallas encontradas en esta vía, con una extensión de 1 184.97 m2 de los 1 435.88 m2 de extensión total de fallas.</p> <p>Al realizar el estudio de tráfico respectivo obtuvimos como resultado el EAL= 17.4 E+06, contrastado con el EAL del expediente técnico el cual es de 8.4 E+05, observamos que actualmente se ha incrementado exponencialmente la circulación de vehículos en esta vía.</p>	<p>Su longitud en el carril derecho (sentido de Villarreal - Chachani) es de 1 524.00 mts.</p> <p>Su longitud en el carril Izquierdo (sentido de Chachani - Villarreal) es de 1 520.70 mts.</p> <p>Se pudo observar que a pesar de su corto periodo de servicio presentaba fallas tales como Piel de cocodrilo, Grietas Longitudinales, Exudación, Parcheo Utilitario, Depresiones, Hueco, Abultamiento y Hundimiento, Pulimento de Agregados con diferentes grados de severidad en las cuales se aplicó la metodología PCI.</p> <p>Para cumplir nuestro segundo objetivo, aplicamos la metodología PCI en toda su magnitud, el cual nos dio como resultado que la avenida Camino Real tiene un Índice de Condición de Pavimento de 87.52 y se encuentra en estado o condición “EXCELENTE”</p> <p>En el tercer objetivo determinamos la severidad en las que se encuentran actualmente las fallas en el Tramo N° 1, las cuales en nivel BAJO y con una extensión total de 550.53 m² tenemos: Piel de cocodrilo, Exudación, Abultamiento y Hundimiento, Depresión, Grietas Longitudinales y Transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Ahuellamiento, Grieta Parabólica Hinchamiento, Desprendimiento de agregados y con severidad MEDIA tenemos una extensión total de 374.23 m² siendo estos: Abultamiento y Hundimiento, Depresión, Parcheo, Ahuellamiento, Grieta Parabólica y Hueco.</p> <p>En el Tramo N° 2 en nivel BAJO y con una extensión total de 350.05 m² tenemos: Piel de cocodrilo, Exudación, Hundimientos, Depresión, Grietas Longitudinales y Transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Ahuellamiento y con severidad MEDIA tenemos una extensión total de 161.72 m² siendo las fallas del tipo Hundimientos, Depresión, Parcheo y Ahuellamiento.</p>	<p>Por presentar un EAL mayor al del proyecto, se recomienda el uso de señales de tránsito reglamentarias, restringiendo el paso de vehículos de carga pesada ya que la repetición de cargas es uno de los causales del deterioro prematuro de la vía en estudio.</p>
---	---	---

	<p>En nuestro cuarto objetivo, luego de obtener el Indicador según la metodología PCI, el cual resultó en condición “EXCELENTE” le correspondería una Acción Mínima Correctiva.</p> <p>Para dar cumplimiento a nuestro quinto objetivo, el estudio de tráfico realizado nos dio como resultado un EAL igual a 17.4 E+06 siendo mucho mayor al EAL de diseño, con lo cual concluimos que la cantidad de vehículos que actualmente circulan en la avenida Camino Real, está causando los deterioros prematuros en dicha vía.</p>	
--	--	--

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Unidad de Estudio

Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

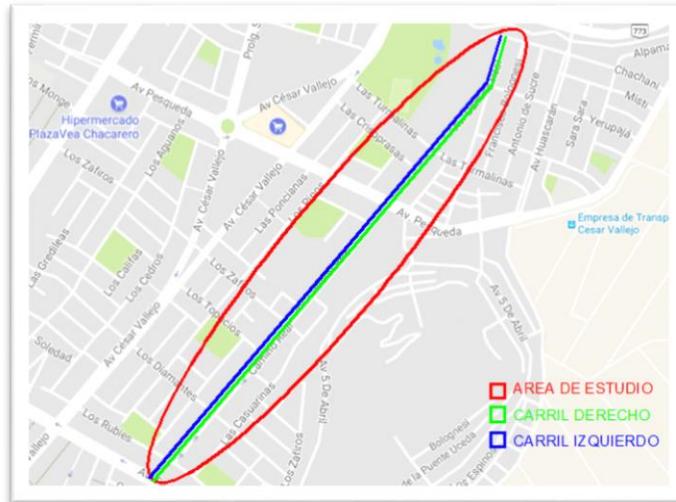


Figura N° 02

2.1.2 Población

Para la presente investigación el universo o población estará dado por las avenidas de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

2.1.3. Muestra

La muestra de estudio es la Avenida Camino Real, de la Urbanización La Rinconada, del Distrito de Trujillo.

2.2. Métodos

2.2.1 Tipo de Investigación

La metodología a realizarse será del tipo Descriptivo / No Experimental; aplicando la metodología según la Norma ASTM D6433-03.

Donde analizaremos el tipo de daños, la severidad y densidad o cantidad en la auscultación del pavimento flexible en la Avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada, del distrito de Trujillo.

2.2.2. Instrumentos de recolección de Datos

Utilizaremos como técnicas e instrumentos de recolección de datos para nuestra investigación, un cuestionario de preguntas con respecto a la metodología PCI para la variable independiente.

La auscultación u observación y la medición en campo, serán a través de los formatos elaborados según el Manual PCI, los cuales utilizaremos con la finalidad de reunir los datos de una situación existente de la variable dependiente, para obtener una adecuada y completa investigación.

2.2.3. Técnicas de análisis de datos

El procesamiento para la ejecución del caso en estudio se realizará en una computadora a través del programa Microsoft Excel, utilizando hojas de cálculo elaboradas bajo los procedimientos de la metodología PCI y el respectivo análisis lo presentaremos a través de gráficos de sectores, histogramas, tablas de registro y gráfico de barras, datos que se tomarán de la medición de las fallas levantadas en campo.

2.2.4. Procedimientos y análisis de datos

Para la aplicación del método PCI subdividimos el trabajo en dos etapas, la primera en trabajo de campo para identificar los tipos de fallas o deterioros del pavimento en estudio y la segunda en trabajo de gabinete donde procesamos la información recopilada y realizamos los cálculos y el respectivo análisis de los resultados obtenidos analíticamente.

Realizamos un recorrido a pie por toda la vía, el cual tenía los siguientes propósitos:

- Medir ancho de calzada.
- Identificar las fallas de acuerdo al Catálogo
- Observar horas punta de tráfico.
- Identificar los equipos de seguridad necesarios a utilizar al momento de realizar la inspección detallada en la vía de estudio.

La investigación la realizamos bajo procedimientos estandarizados por la Norma ASTM D6433-03 y el Manual del PCI los que son de práctica general de inspección del pavimento flexible mediante método visual.

Desarrollo del Método Índice de Condición del Pavimento PCI

Trabajo realizado en gabinete, luego de evaluación preliminar en campo.

Para anchos de calzada menores a 7.30 m. el área de cada muestra será de $230.00 \text{ m}^2 \pm 93.00 \text{ m}^2$ es decir estará comprendido entre 137.00 m^2 y 323.00 m^2

Tabla N° 5

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS

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

El ancho de la calzada de la avenida Camino Real es de 6.00 m. Por lo tanto, de acuerdo a la tabla de longitud de unidad de muestreo, nos corresponde $L = 38.30 \text{ m}$. Con estos valores obtenemos el área de unidad de muestras igual $A = 229.80 \text{ m}^2$

Calculamos el Número total de muestras para los dos tramos de las calzadas en ambos sentidos.

$$N = 1\ 524.00 / 38.30 \longrightarrow N = 39.79 \sim N = 40 \text{ UM carril derecho.}$$

$$N = 1\ 520.70 / 38.30 \longrightarrow N = 39.70 \sim N = 40 \text{ UM carril izquierdo.}$$

Debido a que el Proyecto tiene una longitud mayor a 3 Km. y es muy extensa, el manual del PCI nos sugiere realizar el cálculo del valor “**n**” que es un número aleatorio de muestras mucho menor.

$$\mathbf{n} = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \longrightarrow \mathbf{n} = \frac{40 * (10)^2}{\frac{(5)^2}{4} * (40 - 1) + 10^2} \quad \mathbf{n} = 11.63 \sim \mathbf{n} = 12$$

Seguimos con el cálculo del valor del intervalo de muestras i

$$i = N/\Omega \quad \longrightarrow \quad i = 40/12 \quad i = 3.33 \sim i = 3$$

En el primer tramo (Carril derecho) elegimos la UM 01 entre 1 y 5, de esta manera las muestras serán:

N° MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INTERVALO DE UM	UM 01	UM 04	UM 07	UM 10	UM 13	UM 16	UM 19	UM 22	UM 25	UM 28	UM 31	UM 34

En el segundo tramo (Carril izquierdo) elegimos la UM 43 entre 41 y 80, de esta manera las muestras serán:

N° MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INTERVALO DE UM	UM 43	UM 46	UM 49	UM 52	UM 55	UM 58	UM 61	UM 64	UM 67	UM 70	UM 73	UM 76

Figuras 03 y 04

Para tener un mayor nivel de confianza y un margen de error menor, decidimos inspeccionar las 80 unidades de muestra, realizando el trabajo de campo con los formatos de relevamiento de datos, clasificando las fallas y determinando severidad y cantidad a lo largo de toda la vía.

Con los datos de campo tabulados se calcula la **Densidad** de cada tipo de falla en cada muestra. Con esta densidad se calcula el **Valor deducido** de cada tipo de falla utilizando las Curvas Nomográficas para pavimentos asfálticos.

Con los valores deducidos para cada falla en una muestra, estas se ordenan de mayor a menor y se hace un cuadro de “Evaluación de la muestra”, el cual nos arroja el valor deducido corregido de cada falla. Este valor se resta de 100 y se obtiene el valor del PCI de la muestra, el cual se califica según el cuadro de “RANGO DE CALIFICACIÓN” del Índice De Condición del Pavimento.

Este procedimiento se repite para cada una de las muestras y se obtiene el valor del PCI para todas las muestras, en nuestro caso son 80 muestras. Se anexa los formatos de registro Tabla 3. Y los cuadros de evaluación de las 80 muestras con los valores del PCI correspondientes.

Finalmente se hace un promedio de todas las muestras. En nuestro caso es sólo un promedio aritmético de los PCIs por tener todas las muestras igual área, teniendo como resultado final un valor de **PCI= 87.52 – EXCELENTE** para toda la vía estudiada o evaluada.

Tabla N° 6
Unidad de Muestra UM 01

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

NOMBRE DE LA VÍA:	Avenida Camino Real	ANCHO DE LA VÍA:	6.00 mts
PROGRESIVA INICIAL:	0+0000.00	PROGRESIVA FINAL:	0+0038.30
ÁREA DE LA MUESTRA:	229.80 m ²	UNIDAD N°:	01
EVALUADORES:	CANTUARIAS - WATANABE	FECHA:	1/05/2017

TIPOS DE FALLAS			
1. Piel de Cocodrilo	m ²	11. Parcheo	m ²
2. Exudación	m ²	12. Pulimiento de agregados	m ²
3. Agrietamiento en bloque	m ²	13. Huecos	und
4. Abultamiento y hundimiento	m ²	14. Cruce de vía férrea	m ²
5. Corrugación	m ²	15. Ahuellamiento	m ²
6. Depresión	m ²	16. Desplazamiento	m ²
7. Grieta de borde	m	17. Grieta parabólica	m ²
8. Grieta de reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m ²
9. Desnivel carril/berma	m	19. Desprendimiento de agregados	m ²
10. Grietas longitudinales y transversales	m		

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES				
	18	1	17	19
	0.468	0.625	1.241	3.51
TOTAL				
BAJA (L)	0.468	0.625		
MEDIA (M)			1.241	3.51
ALTA (H)				

CALCULO DEL PCI				PCI= 100-VDC
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	
18	0.20	L	0.00	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
1	0.27	L	4.36	
17	0.54	M	7.48	
19	1.53	M	9.48	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VTD)			21.32	

PROGRESIVA		m	q	VALOR DEDUCIDO				VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL										
0+000.00	0+038.30	9	3	1	9.48	7.48	4.36	21.32	10.92	86.52	EXCELENTE
			2	2	9.48	7.48	2	18.96	13.22		
			1	3	9.48	2	2	13.48	13.48		

Los parámetros de evaluación encontrados en la unidad de muestra UM-01 de la Av. Camino Real, fueron los siguientes:

TRAMO N° 01

Se encontraron 12 tipos de fallas, las cuales fueron: Piel de cocodrilo, Exudación, Abultamientos y Hundimientos, Depresión, Grietas longitudinales y transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Huecos, Ahuellamiento, Grietas Parabólicas, Hinchamiento y Desprendimiento de agregados.

- La severidad que presentaron estos 12 tipos de fallas fueron:
 - Baja (L) en 2.61 m² de Piel de cocodrilo.
 - Baja (L) en 35.51 m² de Exudación.
 - Baja (L) en 18.26 m² y Media (M) en 1.87 m² de Hundimientos.
 - Media (M) en 368.72 m² de Depresión.
 - Baja (L) en 11.70 m² de Grietas Longitudinales y Transversales.
 - Baja (L) en 67.29 m² y Media (M) en 1.00 m² de Parcheo.
 - Baja (L) en 377.82 m² de Pulimento de agregados.
 - Media (M) en 1 unidad de Hueco.
 - Baja (L) en 377.82 m² de Ahuellamiento.
 - Baja (L) en 1.17 m² y Media (M) en 1.24 m² de Grietas Parabólicas.
 - Baja (L) en 0.47 m² de Hinchamiento.
- Media (M) en 3.51 m² de Desprendimiento de Agregados.

TRAMO N° 02

Se encontraron 08 tipos de fallas, las cuales fueron: Piel de cocodrilo, Exudación, Abultamientos y Hundimientos, Depresión, Grietas longitudinales y transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Huecos, Ahuellamiento, Grietas Parabólicas, Hinchamiento y Desprendimiento de agregados.

- La severidad que presentaron estos 08 tipos de fallas fueron:
 - Baja (L) en 10.97 m² de Piel de cocodrilo.
 - Baja (L) en 9.82 m² de Exudación.
 - Baja (L) en 3.87 m² y Media (M) en 1.87 m² de Hundimientos.
 - Baja (L) en 8.84 m² y Media (M) en 134.05 m² de Depresión.

- Baja (L) en 35.15 m2 de Grietas Longitudinales y Transversales.
 - Baja (L) en 57.28 m2 y Media (M) en 1.00 m2 de Parcheo.
 - Baja (L) en 186.00 m2 de Pulimento de agregados.
 - Baja (L) en 38.12 y Media (M) en 24.80 m2 de Ahuellamiento.
- La extensión se determinó bajo los 38.30 m de longitud y 6 m de ancho de la unidad de muestra **UM-01**, su área total unidad de muestra es de 229.80 m2.
- La densidad la obtenemos al dividir la cantidad total de cada una de las fallas según el nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestra y expresada en porcentaje, de acuerdo a la unidad de muestra estudiada.

El Cálculo del Índice de Condición del Pavimento, lo realizamos siguiendo las etapas del procedimiento PCI descritos en el capítulo II en el Marco Teórico.

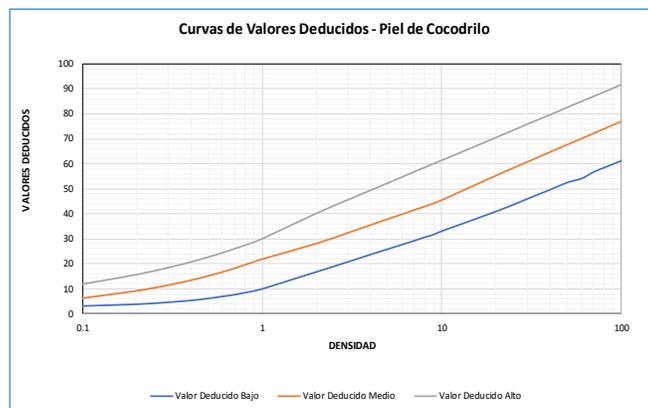
Unidad de muestra UM-01

1° Determinamos el valor deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las Curvas y Tablas Nomográficas denominadas “Valor Deducido de Fallas”. Las tablas se encuentran en los anexos.

1. PIEL DE COCODRILO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.00	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

Tabla N° 09



2° De todos los valores deducidos obtenidos, identificamos los valores mayores a “2.0”, la metodología PCI menciona que de tener uno o ningún valor mayor a “2.0”, no es

necesario hacer una corrección de los valores deducidos y el cálculo del PCI sería deduciendo el “total de los valores deducidos”, de lo contrario se procede a corregir los valores deducidos para encontrar el “máximo valor deducido corregido”.

3° En el caso de la unidad de muestra “**UM-01**”, se observa que tenemos 3 valores mayores a “2.0” y tan solo un valor es menor, por lo tanto procedemos a corregir solo los valores deducidos mayores a “2.0”. Es importante mencionar que como máximo se corregirán 10 valores.

4° Los valores deducidos individuales se ubicaran de manera descendente en cada fila, una vez realizado esto, se sumarán para obtener el “valor deducido total (VDT)”.

5° En la siguiente fila se reduce a “2.0” el menor de los valores deducidos individuales, de encontrarse uno o más valores menores que dos, se mantiene su valor, se repite este paso hasta que el “q” sea igual a “1” como se observa en el desarrollo de la unidad de muestra “**UM-01**”.

6° Una vez iterados los valores deducidos individuales, calculados los valores deducidos totales, e identificado los “q” hasta “1”. Utilizamos la Tabla y Curvas Nomográficas “Valores Deducidos Corregidos” VDC para encontrar el valor deducido corregido por cada “valor deducido total (VDT)”. Esta tabla se encuentra en los anexos.

7° El siguiente paso es encontrar el máximo valor deducido corregido (Máx. VDC). En la unidad de muestra “UM-01” se puede observar que es “13.48”.

8° El cálculo del índice de condición PCI, es mediante la fórmula $(100 - \text{Máx. VDC})$. Para esta unidad de muestra se tiene que el **PCI = 86.52**. De acuerdo a la escala del PCI le corresponde una condición de pavimento en estado Excelente.

De esta misma manera se procede con todas las Unidades de Muestras restantes en los dos tramos de la vía en estudio.

Tabla ° 10

METRADOS DE FALLAS: AVENIDA CAMINO REAL - TRAMOS 01 Y 02

TIPO DE DETERIOROS	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD	METRADO
PIEL DE COCODRILO	m ²	L	13.58
		M	0.00
		H	0.00
EXUDACIÓN	m ²	L	45.43
		M	0.00
		H	0.00
ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m ²	L	22.13
		M	1.87
		H	0.00
DEPRESIÓN	m ²	L	8.85
		M	502.77
		H	0.00
GRIETAS LONG. Y TRANSV.	m ²	L	46.85
		M	0.00
		H	0.00
PARCHEO	m ²	L	124.57
		M	1.00
		H	0.00
PULIMENTO DE AGREGADOS	m ²	L	563.82
		M	0.00
		H	0.00
HUECOS	Unid	L	0.00
		M	1.00
		H	0.00
AHUELLAMIENTO	m ²	L	73.82
		M	24.80
		H	0.00
GRIETA PARABÓLICA	m ²	L	1.17
		M	1.24
		H	0.00
HINCHAMIENTO	m ²	L	0.47
		M	0.00
		H	0.00
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m ²	L	3.51
		M	0.00
		H	0.00

Tabla ° 11

TIPOS DE FALLAS – EVOLUCIÓN Y CAUSAS

Código	Tipo de Falla	Evolución	Causa
1	Piel de cocodrilo	Hundimiento	Repeticiones de carga de tránsito Problemas de Drenaje
2	Exudación	Grietas	Exceso de asfalto en la mezcla
4	Abultamiento y hundimiento	Piel de cocodrilo / Grietas	Repeticiones de carga de tránsito Problemas de Drenaje
6	Depresión	Baches	Repeticiones de carga de tránsito Problemas de drenaje
10	Grietas longitudinales	Descascaramientos	Fatiga de la estructura Problemas de drenaje
11	Parcheo	Baches	Extensión de daños aleatorios a este
12	Pulimientos de agregados		Repeticiones de carga de tránsito Agregados de baja resistencia.
13	Bache	Dstrucción estructura	Repeticiones de carga de tránsito Problemas de Drenaje
15	Ahuellamiento	Piel de cocodrilo Desprendimientos	Repeticiones de carga de tránsito Compactación inadecuada de capas
17	Grieta parabólica	Deterioro completo	Baja resistencia de mezcla asfáltica
18	Hinchamiento	Grietas	Suelos expansivos
19	Desprendimeinto de agregados	Baches	Mezcla de baja calidad Riego de liga deficiente

Tabla ° 12

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL DERECHO					
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
1	0+000.00	0+038.30	13.48	86.52	EXCELENTE
4	0+114.90	0+153.20	12.35	87.65	EXCELENTE
7	0+229.80	0+268.10	29.22	70.78	MUY BUENO
10	0+344.70	0+383.00	28.02	71.98	MUY BUENO
13	0+459.60	0+497.90	38.14	61.86	BUENO
16	0+574.50	0+612.80	32.38	67.62	BUENO
19	0+689.40	0+727.70	26.63	73.37	MUY BUENO
22	0+804.30	0+842.60	26.63	73.37	MUY BUENO
25	0+919.20	0+957.50	25.81	74.19	MUY BUENO
28	1+034.10	1+072.40	0	100	EXCELENTE
31	1+149.00	1+187.30	13.49	86.51	EXCELENTE
34	1+263.90	1+302.20	2.53	97.47	EXCELENTE

PROMEDIO PCI TRAMO 01 **79.28** **MUY BUENO**

ESTADO	UM	PORCENTAJE
EXCELENTE	5	41.67%
MUY BUENO	5	41.67%
BUENO	2	16.67%

Tabla ° 13

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL IZQUIERDO					
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
43	0+076.60	0+114.90	0	100.00	EXCELENTE
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
46	0+191.50	0+229.80			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
49	0+306.40	0+344.70			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
52	0+421.30	0+459.60			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
55	0+536.20	0+574.50			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
58	0+651.10	0+689.40			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
61	0+766.00	0+804.30			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
64	0+880.90	0+919.20			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
67	0+995.80	1+034.10			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
70	1+110.70	1+149.00			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
73	1+225.60	1+263.90			
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
76	1+340.50	1+378.80			
PROMEDIO PCI TRAMO 02				85.84	EXCELENTE

ESTADO	UM	PORCENTAJE
EXCELENTE	9	75.00%
BUENO	1	8.33%
REGULAR	2	16.67%

Se determina que el Índice de Condición del Pavimento de la avenida Camino Real es de **82.56** y se encuentra en estado ó condición **MUY BUENO**.

Tabla ° 14

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI – DE LAS 40 U.M.

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL DERECHO					
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
1	0+000.00	0+038.30	13.48	86.52	EXCELENTE
2	0+038.30	0+076.60	2.26	97.74	EXCELENTE
3	0+076.60	0+114.90	2.26	97.74	EXCELENTE
4	0+114.90	0+153.20	12.35	87.65	EXCELENTE
5	0+153.20	0+191.50	2.35	97.65	EXCELENTE
6	0+191.50	0+229.80	24.66	75.34	MUY BUENO
7	0+229.80	0+268.10	29.22	70.78	MUY BUENO
8	0+268.10	0+306.40	26.63	73.37	MUY BUENO
9	0+306.40	0+344.70	9.48	90.52	EXCELENTE
10	0+344.70	0+383.00	28.02	71.98	MUY BUENO
11	0+383.00	0+421.30	27.66	72.34	MUY BUENO
12	0+421.30	0+459.60	28.63	65.77	BUENO
13	0+459.60	0+497.90	38.14	61.86	BUENO
14	0+497.90	0+536.20	25.83	74.17	MUY BUENO
15	0+536.20	0+574.50	28.63	71.37	MUY BUENO
16	0+574.50	0+612.80	32.38	67.62	BUENO
17	0+612.80	0+651.10	26.63	73.37	MUY BUENO
18	0+651.10	0+689.40	26.63	73.37	MUY BUENO
19	0+689.40	0+727.70	26.63	73.37	MUY BUENO
20	0+727.70	0+766.00	28.63	71.37	MUY BUENO
21	0+766.00	0+804.30	26.63	73.37	MUY BUENO
22	0+804.30	0+842.60	26.63	73.37	MUY BUENO
23	0+842.60	0+880.9	28.63	71.37	MUY BUENO
24	0+880.90	0+919.20	12.28	87.72	EXCELENTE
25	0+919.20	0+957.50	25.81	74.19	MUY BUENO
26	0+957.50	0+995.80	16.66	77.3	MUY BUENO

UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
27	0+995.80	1+034.10	26.63	73.37	MUY BUENO
28	1+034.10	1+072.40	0	100	EXCELENTE
29	1+072.40	1+110.70	2.26	97.74	EXCELENTE
30	1+110.70	1+149.00	0.00	100	EXCELENTE
31	1+149.00	1+187.30	13.49	86.51	EXCELENTE
32	1+187.30	1+225.60	9.36	90.64	EXCELENTE
33	1+225.60	1+263.90	0	100	EXCELENTE

UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
34	1+263.90	1+302.20	2.53	97.47	EXCELENTE
35	1+302.20	1+340.50	2.53	97.47	EXCELENTE
36	1+340.50	1+378.80	0.00	100	EXCELENTE
37	1+378.80	1+417.10	4.91	95.09	EXCELENTE
38	1+417.10	1+455.40	2.53	97.47	EXCELENTE
39	1+455.40	1+493.70	0	100	EXCELENTE
40	1+493.70	1+524.00	24.20	75.80	MUY BUENO

PROMEDIO PCI TRAMO 01

83.07

MUY BUENO

ESTADO	UM	PORCENTAJE
EXCELENTE	19	47.50%
MUY BUENO	18	45.00%
BUENO	3	7.50%

Tabla ° 15

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI – DE LAS 40 U.M.

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL IZQUIERDO					
UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
41	0+000.00	0+038.30	2.26	97.74	EXCELENTE
42	0+038.30	0+076.60	2.26	97.74	EXCELENTE
43	0+076.60	0+114.90	0	100.00	EXCELENTE
44	0+114.90	0+153.20	2.26	97.74	EXCELENTE
45	0+153.20	0+191.50	0	100.00	EXCELENTE
46	0+191.50	0+229.80	2.63	97.37	EXCELENTE
47	0+229.80	0+268.10	0	100.00	EXCELENTE
48	0+268.10	0+306.40	15.93	84.07	MUY BUENO
49	0+306.40	0+344.70	0	100.00	EXCELENTE
50	0+344.70	0+383.00	7.62	92.38	EXCELENTE
51	0+383.00	0+421.30	0	100.00	EXCELENTE
52	0+421.30	0+459.60	2.26	97.74	EXCELENTE
53	0+459.60	0+497.90	2.26	97.74	EXCELENTE

UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
54	0+497.90	0+536.20	0	100.00	EXCELENTE
55	0+536.20	0+574.50	3.64	96.36	EXCELENTE
56	0+574.50	0+612.80	0	100.00	EXCELENTE
57	0+612.80	0+651.10	2.26	97.74	EXCELENTE
58	0+651.10	0+689.40	56.6	43.40	REGULAR
59	0+689.40	0+727.70	2.26	97.74	EXCELENTE
60	0+727.70	0+766.00	0	100.00	EXCELENTE
61	0+766.00	0+804.30	6.18	93.82	EXCELENTE
62	0+804.30	0+842.60	12.78	87.22	EXCELENTE
63	0+842.60	0+880.9	2.26	97.74	EXCELENTE
64	0+880.90	0+919.20	8.37	91.63	EXCELENTE
65	0+919.20	0+957.50	8.38	91.62	EXCELENTE
66	0+957.50	0+995.80	8.62	91.38	EXCELENTE

UM	ABSCISA		VCD	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
67	0+995.80	1+034.10	46.26	53.74	REGULAR
68	1+034.10	1+072.40	23.38	76.62	MUY BUENO
69	1+072.40	1+110.70	12.89	87.11	EXCELENTE
70	1+110.70	1+149.00	10.21	89.79	EXCELENTE
71	1+149.00	1+187.30	0	100	EXCELENTE
72	1+187.30	1+225.60	2.28	97.72	EXCELENTE
73	1+225.60	1+263.90	31.5	68.5	BUENO
74	1+263.90	1+302.20	0	100	EXCELENTE
75	1+302.20	1+340.50	14.22	85.78	EXCELENTE
76	1+340.50	1+378.80	2.26	100	EXCELENTE
77	1+378.80	1+417.10	0	100	EXCELENTE
78	1+417.10	1+455.40	2.38	97.62	EXCELENTE
79	1+455.40	1+493.70	14.49	85.51	EXCELENTE
80	1+493.70	1+520.70	15.30	84.70	EXCELENTE

PROMEDIO PCI TRAMO 02 91.96 EXCELENTE

ESTADO	UM	PORCENTAJE
EXCELENTE	34	85.00%
MUY BUENO	3	7.50%
BUENO	1	2.50%
REGULAR	2	5.00%

Al analizar todas las unidades de muestra de la vía en estudio, se determina que el Índice de Condición del Pavimento de la avenida Camino Real es de **87.52** y se encuentra en estado ó condición **EXCELENTE**.

PERFIL DEL PCI – TRAMOS 01

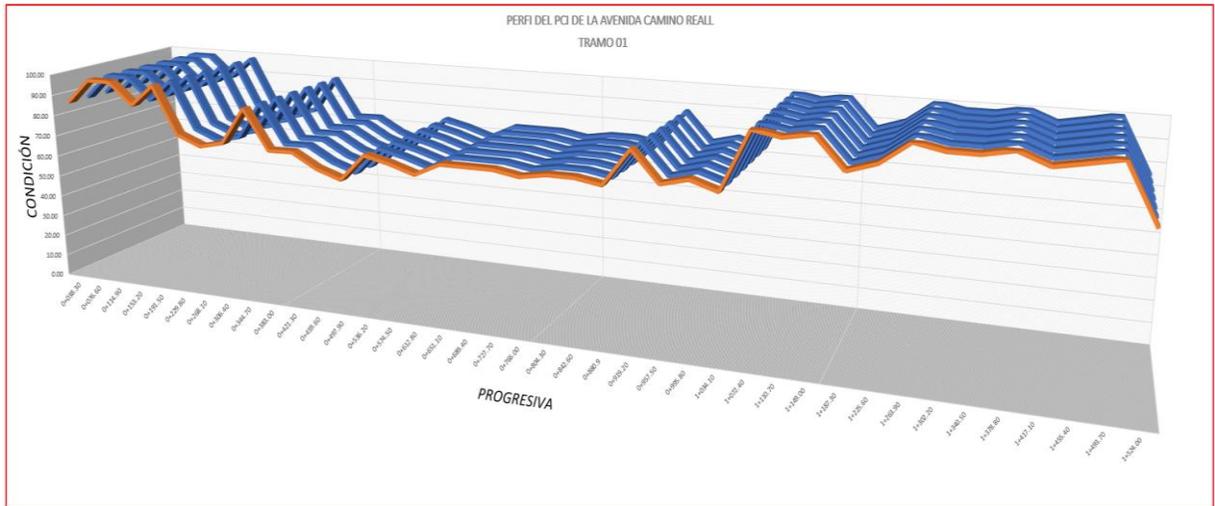


Figura 05

PERFIL DEL PCI – TRAMO 02

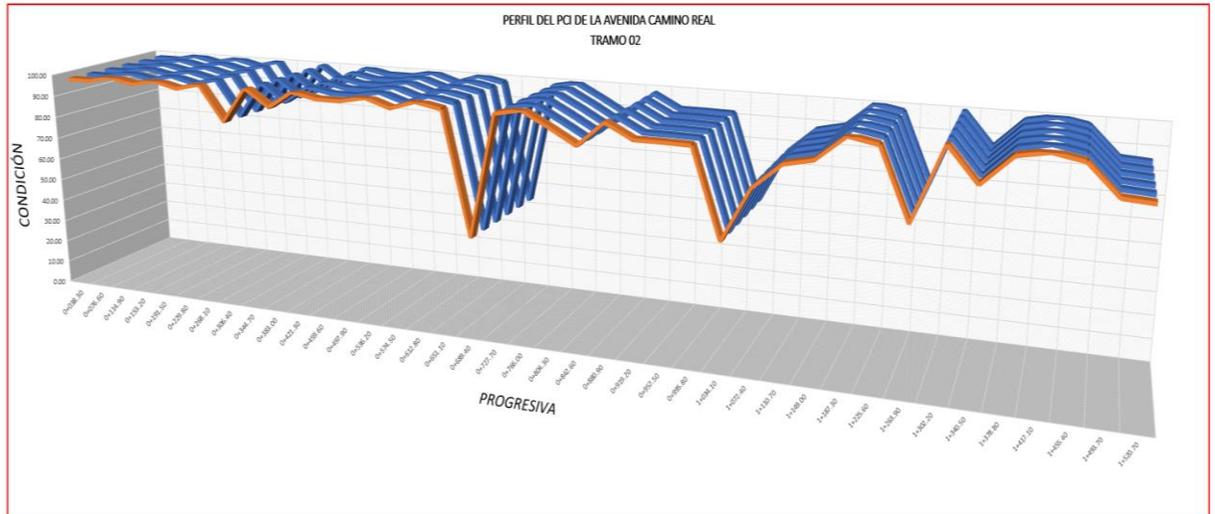


Figura 06

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	PORCENTAJE
EXCELENTE	19	47.50%
MUY BUENO	18	45.00%
BUENO	3	7.50%

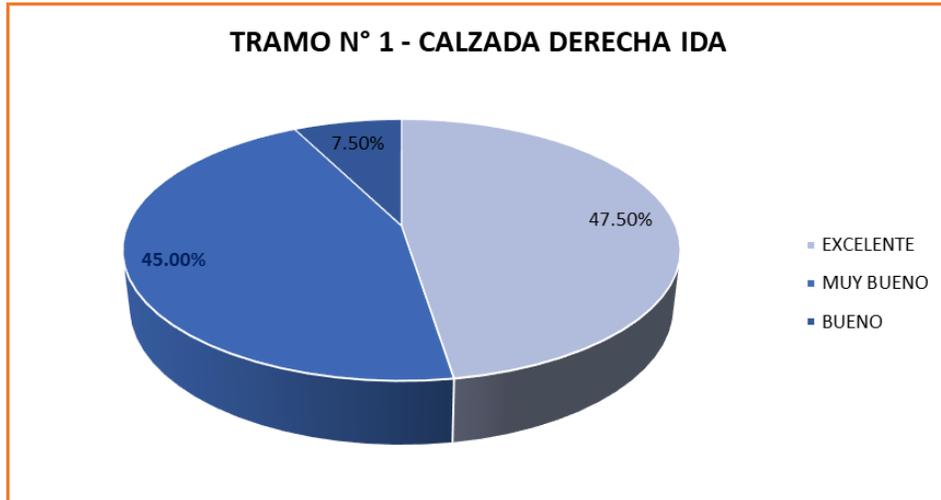


Figura 07

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	PORCENTAJE
EXCELENTE	34	85.00%
MUY BUENO	3	7.50%
BUENO	1	2.50%
REGULAR	2	5.00%

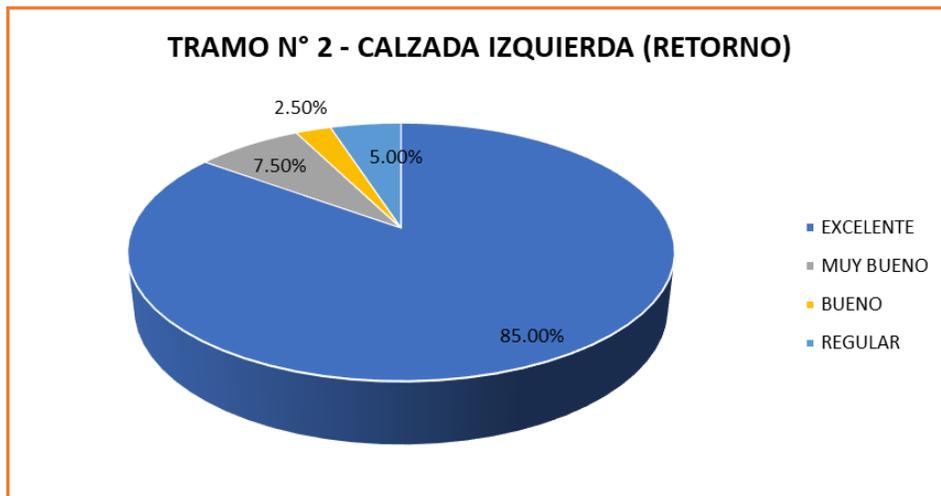


Figura 08

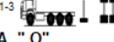
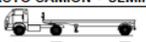
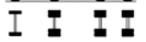
Tabla N° 16

Rangos del PCI vs Tipo de Intervención

Índice de Estado Superficial del Pavimento - Categorías de Acción		
Rango de Índice de Estado	Categoría de Acción	Descripción
100 a 85	Excelente Mantenimiento Preventivo o Mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo
85 a 70	Muy Bueno Mantenimiento Correctivo Menor	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo
70 a 55	Bueno Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie 3. Re-encarpetado delgado
40 a 25	Pobre Rehabilitación - Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles
< 25	Muy Pobre y Colapsado Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo

Tabla N° 17

ESTUDIO DE TRAFICO AV. CAMINO REAL

ESTUDIO DE TRAFICO DE LA AVENIDA CAMINO REAL												
EALF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE :												
Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga Stándar, que usualmente es de 18 Kips=18000lb Calculado mediante las siguientes expresiones												
$\text{LOG}\left(\frac{W}{W_{18k}}\right) = 4.79\text{LOG}(18 + 1) - 4.79\text{LOG}(Lx + L2) + 4.33\text{LOG}(L2) + \frac{G}{B_s} - \frac{G_s}{B_{18k}}$			$B_s = 0.4 + \frac{0.08(Lx + L2)^{2.23}}{(SN + 1)^{5.13} L2^{2.23}}$			$B_{18k} = 0.4 + \frac{0.08(18 + 1)^{2.23}}{(SN + 1)^{5.13}}$			$G_i = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - P_i}{4.2 - 1.5}\right)$			
B ₁₈ = 0.499 Para Lx=18 y L2=1 G _i = -0.201												
MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	Lx POR EJES (Kips)	L2	B _s	EALF _i (POR EJE)	FACTOR CAMIÓN FC=ΣEALF _i	FC*IMDA
EJE	%	Lx										
VEHICULOS MENORES												
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA " M " 10312												
AUTOMOVILES 	6721	3.00	Del.	50.0%	1.50	6.608	3.304	1	0.401	0.0010221	0.002044	13.7388918
			Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	0.401	0.0010221		
STATION WAGON 	1585	3.50	Del.	50.0%	1.75	7.709	3.855	1	0.401	0.0018174	0.003635	5.7612556
			Post. 01	50.0%	1.75		3.855	1	0.401	0.0018174		
CAMIONETA PICK UP 	1236	5.00	Del.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	0.403	0.0073516	0.014703	18.1732184
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	0.403	0.0073516		
PANEL 	395	5.00	Del.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	0.403	0.0073516	0.014703	5.8077842
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	0.403	0.0073516		
COMBI 	265	7.00	Del.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	0.408	0.0293085	0.058617	15.5335109
			Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	0.408	0.0293085		
BUS (B2) 	108	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	0.462	0.5353527	3.680582	397.5028101
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
BUS (B3-1) 	2	23.00	Del.	30.4%	7.00	50.661	15.419	1	0.462	0.5353527	1.799111	3.5982223
			Post. 01	69.6%	16.00		35.242	2	0.493	1.2637585		
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA " N " 671												
C=CAMION												
CAMION (C2) 	445	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	0.462	0.5353527	3.680582	1637.8588010
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
CAMION (C3) 	151	25.00	Del.	28.0%	7.00	55.066	15.419	1	0.462	0.5353527	2.546339	384.4972354
			Post. 01	72.0%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
CAMION (C4)1-3 	10	30.00	Del.	23.3%	7.00	66.079	15.419	1	0.462	0.5353527	1.819288	18.1928822
			Post. 01	76.7%	23.00		50.661	3	0.481	1.2839355		
CATEGORIA " O "												
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE												
T2S1 	5	29.00	Del.	24.1%	7.00	63.877	15.419	1	0.462	0.5353527	6.825810	34.1290524
			Post. 01	37.9%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
			Post. 02	37.9%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
T2S2 	4	36.00	Del.	19.4%	7.00	79.295	15.419	1	0.462	0.5353527	5.691568	20.7266286
			Post. 01	30.6%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
			Post. 02	50.0%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
T2Se2 	0		Del.		7.00			1				
			Post. 01		11.00			1				
			Post. 02		11.00			1				
			Post. 03		11.00			1				
T2S3 	12	43.00	Del.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	0.462	0.5353527	5.471854	65.6622457
			Post. 01	25.6%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
			Post. 02	58.1%	25.00		55.066	3	0.505	1.7912722		
T2Se3 	12	47.00	Del.	14.9%	7.00	103.524	15.419	1	0.462	0.5353527	8.836797	106.0415653
			Post. 01	23.4%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
			Post. 02	23.4%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
			Post. 03	38.3%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
T3S1 	14	36.00	Del.	19.4%	7.00	79.295	15.419	1	0.462	0.5353527	5.691568	79.6819549
			Post. 01	50.0%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
			Post. 02	30.6%	11.00		24.229	1	0.647	3.1452289		
T3S2 	18	43.00	Del.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	0.462	0.5353527	4.557326	82.0318669
			Post. 01	41.9%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
			Post. 02	41.9%	18.00		39.648	2	0.533	2.0109866		
INDICE MEDIO DIARIO ANUAL	10983										Σ =	2888.9379256
r =	5.00%	Tasa de crecimiento										
Y =	20	Periodo de diseño										
G =		Factor de de crecimiento										
D =	0.5	Factor de Distribución en Dirección										
L =	1	Factor de Distribución por Carril										
			$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$									
			(G)(Y) = 33.066			FACTOR DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO						
$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMIÓN_i \times IMD_i (G)(D)(L)(Y) \times 365$											=	17,433,401.72

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Interpretación de resultados

La metodología PCI nos indica realizar la evaluación de la vía en mención con unidades de muestra en forma aleatoria, pero en el presente estudio decidimos evaluar la avenida Camino Real en su totalidad, para obtener un resultado de mayor precisión y de esta manera reducir el margen de error, logrando con esto aumentar el índice de confiabilidad.

De los 3 044.70 m. que comprende la vía en estudio, se dividieron en dos tramos denominadas Tramo 01 con 1 524.00 m. y Tramo 02 con 1 520.70 m, para cada tramo resultaron 40 Unidades de Muestras de acuerdo a las fórmulas de cálculo del PCI.

Al evaluar en forma aleatoria el Tramo 01, obtuvimos un PCI promedio de **79.28** correspondiéndole una calificación de **“Muy Buena”** el cual se desglosa en 05 unidades de muestras (41.67%), en estado “Excelente”; 05 unidades de muestras (41.67%) en estado “Muy Bueno” mientras que las dos restantes con 16.67% resultaron en estado “Bueno”.

Al evaluar en forma aleatoria el Tramo 02, obtuvimos un PCI promedio de **85.84** correspondiéndole una calificación de **“Excelente”** el cual se desglosa en 09 unidades de muestras (75.00 %), en estado “Excelente”; 01 unidad de muestra (8.33 %) en estado “Bueno” mientras que las dos restantes con 16.67% resultaron en estado “Regular”.

Evaluando de forma integral la vía, en el Tramo 01, obtuvimos un PCI promedio de **83.07** correspondiéndole una calificación de **“Muy Buena”** el cual se divide en 19 unidades de muestras (47.50 %), en estado “Excelente”; 18 unidades de muestras (45.00 %) en estado “Muy Bueno” mientras que los tres restantes con 7.5 % resultaron en estado “Bueno”.

Al evaluar el Tramo 02, obtuvimos un PCI promedio de **91.96** correspondiéndole una calificación de **“Excelente”** el cual se desglosa en 34 unidades de muestras (85.00 %), en estado “Excelente”; 03 unidad de muestra (7.50 %) en estado “Muy Bueno” , 01 de muestra con 2.50% resultó en estado “Bueno” y las dos restantes con 5% en estado “Regular”

Al evaluar la avenida Camino Real de forma aleatoria obtuvimos que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) promedio es de **82.56** y se encuentra en estado ó condición “**MUY BUENO**”.

Mientras que evaluando todas las unidades de muestra de la vía en estudio, se determina que el Índice de Condición del Pavimento de la avenida Camino Real es de **87.52** y se encuentra en estado ó condición “**EXCELENTE**”.

Siguiendo con el análisis de resultados, describiremos las fallas encontradas en las distintas unidades de muestra. Piel de cocodrilo (13.58 m²) con una severidad Baja, Exudación con (45.43 m²) con una severidad Baja, Abultamiento y Hundimientos (22.13 m²) con severidad Baja y con (1.87 m²) con severidad Media, Depresión (8.85 m²) severidad Baja y (502.77 m²) severidad Media, Grietas Longitudinales y Transversales (46.85 m²) severidad Baja, Parcheo (124.57 m²) severidad Baja y (1.00 m²) severidad Media, Pulimento de Agregados (563.82 m²) severidad Baja, Huecos (01) severidad Media, Ahuellamiento (73.82 m²) severidad Baja y (24.80 m²) severidad Media, Grieta Parabólica (1.17 m²) severidad Baja y (1.24) severidad Media, Hinchamiento (0.47 m²) severidad Baja y Desprendimiento de agregados con (3.51 m²) severidad Baja.

Las fallas con mayor extensión encontradas a lo largo de la vía estudiada son Depresión con 502.77 m² y Pulimento de agregados con 563.82 m², a pesar de que ambas se presentan con severidad baja, no dejan de ser un problema a futuro si es que no es intervenida oportunamente ya que la evolución de la falla Depresión a corto plazo son los baches y para el Pulimento de agregados es la desintegración de la carpeta asfáltica.

Una vez obtenido el Indicador en condición “**EXCELENTE**” hacemos uso de la Tabla N° 16 la cual nos indica el tipo de intervención a seguir, nos dice qué un pavimento en esta condición no requiere de acciones correctivas inmediatas; sino ocasionalmente requiere acciones de Mantenimiento Mínimo Preventivo.

Según la tabla N° 11, determinamos que las repeticiones de carga de tránsito es la causa que origina el 50% de las fallas encontradas en esta vía, con una extensión de 1 184.97 m² de los 1 435.88 m² de extensión total de fallas.

Al realizar el estudio de tráfico respectivo obtuvimos como resultado el EAL= 17.4 E+06, contrastado con el EAL del expediente técnico el cual es de 8.4 E+05, observamos que actualmente se ha incrementado exponencialmente la circulación de vehículos en esta vía.

5. CONCLUSIONES

1. Concluimos que al aplicar la Metodología PCI, en la evaluación superficial del pavimento flexible, determina que su estado de conservación es Excelente cuyo valor de PCI es 87.52 a lo largo de sus 3 044.70 mts. Las fallas más predominantes en el tramo N° 1 son: Pulimiento de agregados con un área total de 377.82 m² con un porcentaje de 24.79 % con severidad baja y Depresión con un área total de 368.72 m² con un porcentaje de 24.19 % con severidad media. La falla que mayor predomina en el tramo N° 2 es Pulimento de Agregados con un área total de 186 m² con una representatividad del 12.23 %.

El tramo N° 1 (Carril Derecho) se subdivide en dos partes, la primera comprende desde la Av. Federico Villarreal siendo la progresiva 0 + 000 comprendiendo las calles transversales Los Rubíes, Los Diamantes, Los Topacios, Los Zafiros hasta La Av. Pesqueda siendo su progresiva 0 + 957.50 (U.M. 26), este subtramo muestra los tipos de fallas por incremento de carga vehicular. La segunda inicia en La Av. Pesqueda cuya progresiva es 0+ 957.50, comprende las calles Las Crisoprasas, Las Turmalinas, Las Ánimas, San Martín hasta la calle Chachani cuya progresiva es 1 + 524.

El tramo N° 2 (Carril Izquierdo) inicia en la calle Chachani en la progresiva 0 + 000 comprendiendo las calles Turmalinas, Las Crisoprasas, la Av. Pesqueda, Las Amatistas, La Esmeralada, Los Zafiros, Los Topacios, Los Diamantes, Los Rubíes hasta la Av. Federico Villareal cuya progresiva es 1 + 520.70.

2. Para cumplir nuestro primer objetivo se realizó la evaluación preliminar de la zona de estudio, en el cual aplicamos los parámetros de la metodología PCI, donde se determinó que:

La avenida Camino Real se encuentra ubicada entre la Avenida Federico Villarreal y la calle Chachani en el distrito de Trujillo y cuenta con dos calzadas de pavimento flexible bidireccionales de 6.00 mts. de ancho, subdividida en dos carriles por calzada más un separador de 7.00 mts. de ancho.

Su longitud en el carril derecho (sentido de Villarreal - Chachani) es de 1 524.00 mts.

Su longitud en el carril Izquierdo (sentido de Chachani - Villarreal) es de 1 520.70 mts.

Se pudo observar que a pesar de su corto periodo de servicio presentaba fallas tales como Piel de cocodrilo, Grietas Longitudinales, Exudación, Parcheo Utilitario, Depresiones, Hueco, Abultamiento y Hundimiento, Pulimento de Agregados con diferentes grados de severidad en las cuales se aplicó la metodología PCI.

- Para cumplir nuestro segundo objetivo, aplicamos la metodología PCI en toda su magnitud, el cual nos dio como resultado que la avenida Camino Real tiene un Índice de Condición de Pavimento de **87.52** y se encuentra en estado o condición “**EXCELENTE**” como se detalla en los siguientes cuadros.

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL DERECHO					
TRAMO	ABSCISA		De / Hasta	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
1	0+000.00	0+497.90	AV. Federico Villarreal Calle Los Zafiros	81.10	MUY BUENO
2	0+497.90	0+957.50	Calle Los Zafiros Av. Pesqueda	73.92	MUY BUENO
3	0+957.50	1+524.00	Av. Pesqueda Calle Chachani	92.89	EXCELENTE

AVENIDA CAMINO REAL - CARRIL IZQUIERDO					
TRAMO	ABSCISA		De / Hasta	PCI	CONDICIÓN
	INICIAL	FIINAL			
1	0+000.00	0+497.90	Calle Chachani Av. Pesqueda	97.62	EXCELENTE
2	0+497.90	0+957.50	Av. Pesqueda Calle Los Zafiros	91.64	EXCELENTE
3	0+957.50	1+524.00	Calle Los Zafiros Av. Federico Villarreal	87.95	EXCELENTE

- En el tercer objetivo determinamos la severidad en las que se encuentran actualmente las fallas en el Tramo N° 1, las cuales en nivel **BAJO** y con una extensión total de 550.53 m² tenemos: Piel de cocodrilo, Exudación, Abultamiento y Hundimiento, Depresión, Grietas Longitudinales y Transversales, Parcheo, Pulimento de Agregados, Ahuellamiento, Grieta Parabólica Hinchamiento, Desprendimiento de agregados y con severidad **MEDIA** tenemos una extensión total de 374.23 m² siendo

estos: Abultamiento y Hundimiento, Depresión, Parcheo, Ahuellamiento, Grieta Parabólica y Hueco.

En el Tramo N° 2 en nivel **BAJO** y con una extensión total de 350.05 m² tenemos: Piel de cocodrilo, Exudación, Hundimientos, Depresión, Grietas Longitudinales y Transversales, Parcheo, Pulimiento de Agregados, Ahuellamiento y con severidad **MEDIA** tenemos una extensión total de 161.72 m² siendo las fallas del tipo Hundimientos, Depresión, Parcheo y Ahuellamiento.

5. En nuestro cuarto objetivo, luego de obtener el Indicador según la metodología PCI, el cual resultó en condición “**EXCELENTE**” le correspondería una Acción Mínima Correctiva.
6. Para dar cumplimiento a nuestro quinto objetivo, el estudio de tráfico realizado nos dio como resultado un EAL igual a 17.4 E+06 siendo mucho mayor al EAL de diseño, con lo cual concluimos que la cantidad de vehículos que actualmente circulan en la avenida Camino Real, está causando los deterioros prematuros en dicha vía.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en la recolección de datos de campo y la evaluación superficial del pavimento se debe considerar dentro de la lista de materiales, el catálogo de fallas del PCI y que es importante contar con la guía de un especialista con experiencia en el área, y también contar con los equipos de seguridad y protección personal.

Para el estudio de una vía a nivel de proyecto se recomienda evaluar todas las unidades de muestras y no de forma aleatoria, ya que de esta manera se obtiene una mayor confiabilidad en los resultados.

Se recomienda una intervención inmediata por parte de las autoridades encargadas del mantenimiento de las vías locales a fin de evitar que las severidades de las fallas tales como Piel de Cocodrilo, Grietas Longitudinales, Exudación, Parcheo Utilitario, Depresiones, Hueco, Abultamiento y Hundimiento, Pulimento de Agregados, se agraven en un corto plazo.

Se recomienda como Acción Mínima Correctiva una limpieza y sellado de las grietas, un riego pulverizado que viene a ser una aplicación ligera de emulsión asfáltica sin considerar el uso de agregados ya que el pulimento de agregados presenta una severidad baja.

Por presentar un EAL mayor al del proyecto, se recomienda el uso de señales de tránsito reglamentarias, restringiendo el paso de vehículos de carga pesada ya que la repetición de cargas es uno de los causales del deterioro prematuro de la vía en estudio.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO, ASTM D 6333-03, (2004). Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.

<http://www.cee.mtu.edu/~balkire/CE5403/ASTMD6433.pdf>

Ávila, A (2014), Evaluación de Pavimentos en Base a Métodos No Destructivos y Análisis Inverso Vía Chicti – Sevilla de Oro. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Cuenca.

Cal, R (2007) Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones 8va. Edición.

Gonzáles, C (2015), Fallas en el Pavimento Flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur – Cajamarca. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte.

Hernández, W (2014), Índice de Condición de Pavimento de la Carretera Jancos – San Miguel de Pallaques. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca.

Instituto Peruano de Economía (IPE - 2008). Lecciones del mantenimiento de carreteras en el Perú, 1992 - 2007. Lima, Perú

<http://ipe.org.pe/wp-content/uploads/2009/08/ipe-lecciones-del-mantenimiento-de-carreteras-en-el-peru-1992-2007.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). E N° 03 INFORME N° 03-2013-MTC/GTT

https://www.aate.gob.pe/transparencia_aate/upload_obras/situacion_redes_viales_SINAC.pdf

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos.
http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial.
http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Agua y Saneamiento. Marco Normativo.
http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/adequacion_normativa.html#
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2010) Norma Técnica de Edificaciones (NTE) CE. 010 Pavimentos Urbanos. 2010.
www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=182
- Portillo, G (2015), Evaluación Estructural de Fallas del Pavimento Flexible por el método no destructivo en la carretera puno – Ilave. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Shahin, M. (2005). Pavement Management for Airports Roads and Parking. Guía para la evaluación de pavimentos con superficie asfáltica. Segunda edición.
<file:///C:/Users/user/Downloads/2011-01%20Pamphlet.pdf>
- Sotil, A (2014). Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales.
<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/14582/15637>

Sotil, A (2014). Sistematización de Información sobre Diseño, Gestión, Construcción y Reparación de Pavimentos Urbanos.

www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3013

Umaña, A (2015), Diseño de la Intervención para la estructura de pavimento flexible en secciones representativas de la red vial Cantonal de Curridabat. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Vásquez, L (2002). Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras.

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

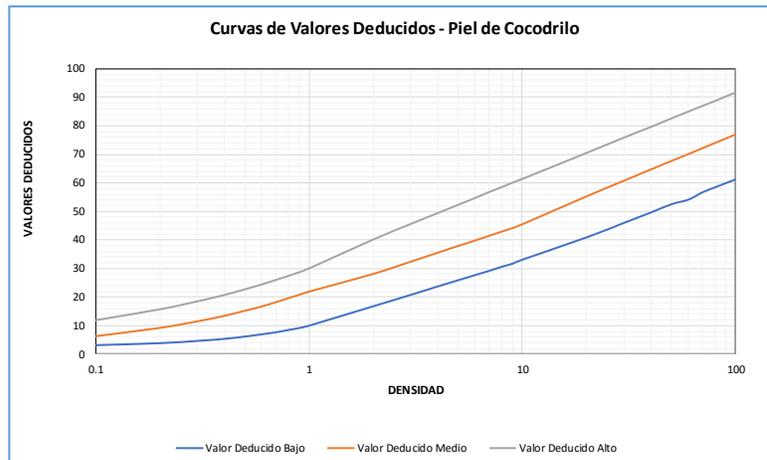
Vivar, G. (1995). Diseño y construcción de pavimentos. 2da Edición. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.

8. ANEXOS:

CURVAS NOMOGRÁFICAS DE LAS FALLAS EXISTENTES EN LA AVENIDA CAMINO REAL

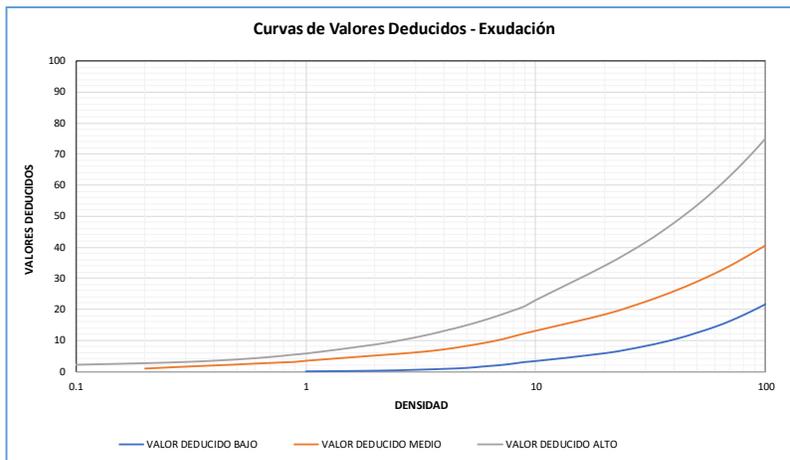
1. PIEL DE COCODRILO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.00	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60



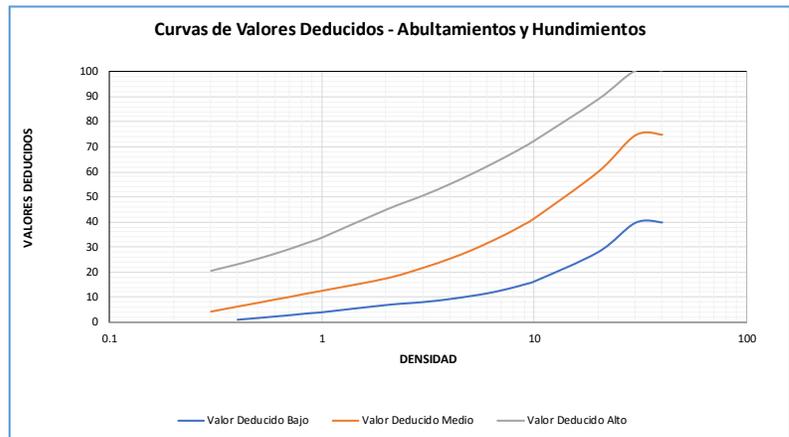
2. EXUDACIÓN

DENSIDAD	Valor Deducido		
	BAJO	MEDIO	ALTO
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10



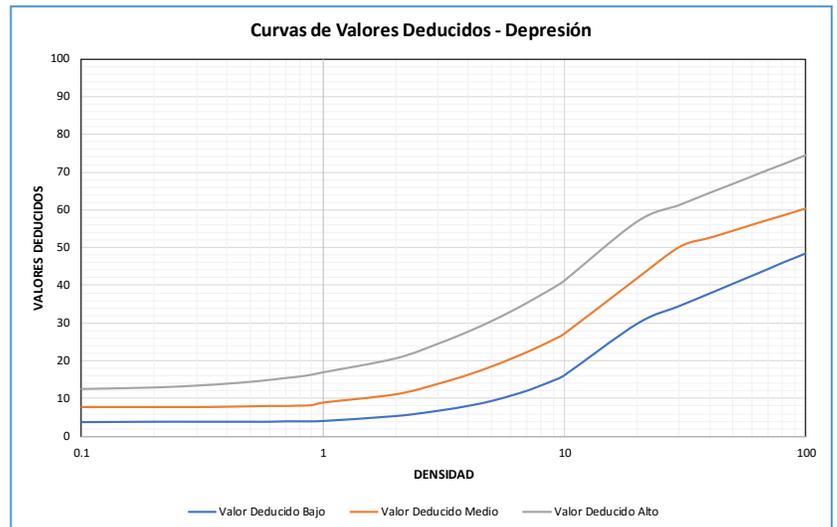
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30		4.40	20.50
0.40	0.90	6.40	23.10
0.50	1.60	7.90	25.30
0.60	2.20	9.20	27.30
0.70	2.70	10.20	29.10
0.80	3.20	11.20	30.80
0.90	3.60	12.00	32.30
1.00	3.90	12.70	33.70
2.00	6.80	17.60	44.80
3.00	8.00	21.90	50.50
4.00	9.20	25.50	55.00
5.00	10.40	28.70	58.80
6.00	11.50	31.70	62.10
7.00	12.70	34.40	65.00
8.00	13.90	36.90	67.60
9.00	15.10	39.30	70.00
10.00	16.30	41.60	72.30
20.00	28.10	60.20	88.80
30.00	39.90	74.80	100.20
40.00	40.00	75.00	100.30
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



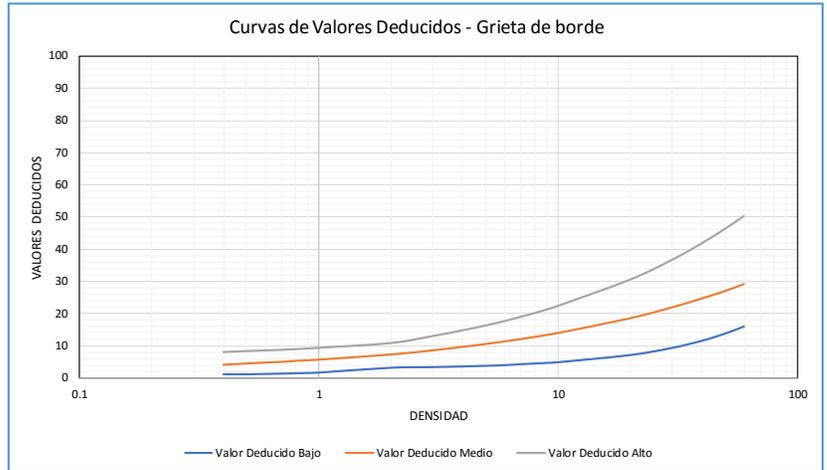
6. DEPRESIÓN

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.80	7.80	12.60
0.20	3.90	7.80	13.00
0.30	3.90	7.80	13.50
0.40	3.90	7.90	14.00
0.50	3.90	8.00	14.50
0.60	3.90	8.10	15.00
0.70	4.00	8.10	15.50
0.80	4.00	8.20	15.90
0.90	4.00	8.30	16.40
1.00	4.10	9.00	17.00
2.00	5.40	11.20	20.70
3.00	6.80	14.00	24.60
4.00	8.10	16.40	27.80
5.00	9.40	18.60	30.60
6.00	10.80	20.60	33.10
7.00	12.10	22.40	35.40
8.00	13.50	24.10	37.50
9.00	14.80	25.70	39.40
10.00	16.20	27.30	41.30
20.00	29.80	42.00	56.90
30.00	34.50	50.30	61.30
40.00	37.80	52.70	64.50
50.00	40.40	54.60	66.90
60.00	42.50	56.20	68.90
70.00	44.30	57.50	70.60
80.00	45.90	58.60	72.00
90.00	47.20	59.60	73.30
100.00	48.40	60.50	74.50



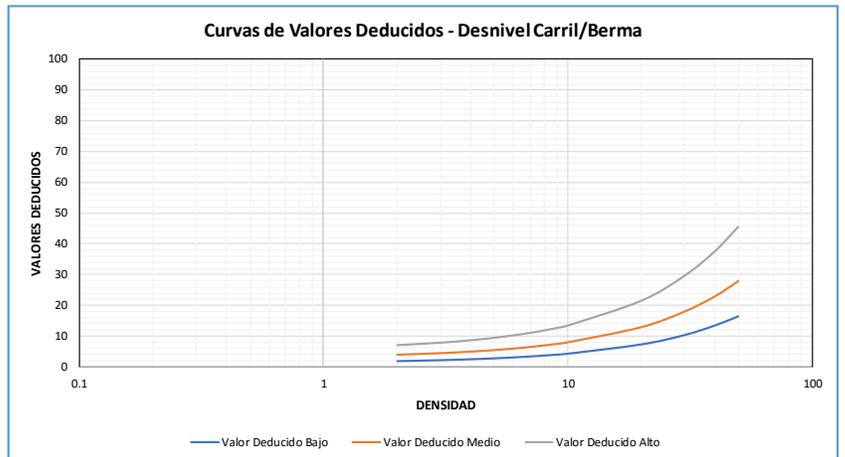
7. GRIETA DE BORDE

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



9. DESNIVEL CARRIL/BERMA

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00	1.90	3.90	7.00
3.00	2.20	4.40	7.80
4.00	2.50	4.90	8.60
5.00	2.80	5.40	9.40
6.00	3.10	5.90	10.20
7.00	3.40	6.40	11.00
8.00	3.70	6.90	11.80
9.00	4.00	7.40	12.60
10.00	4.30	7.90	13.40
20.00	7.30	12.80	21.50
30.00	10.30	17.80	29.60
40.00	13.40	22.70	37.60
50.00	16.40	27.70	45.70
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



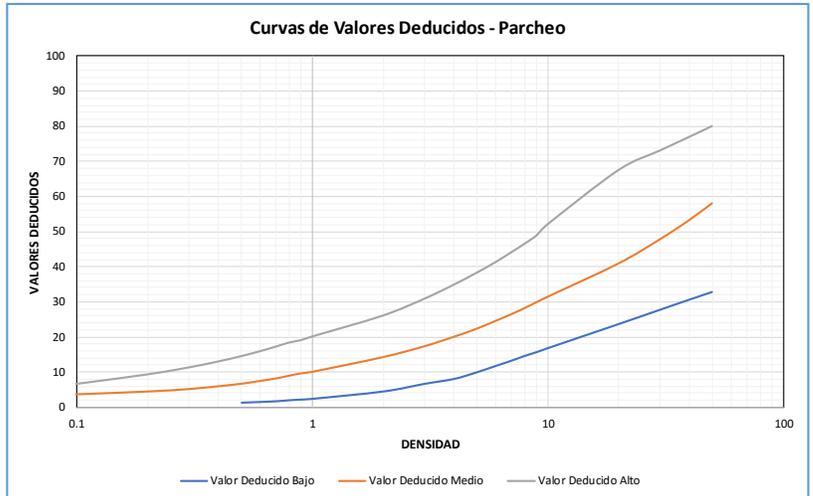
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50



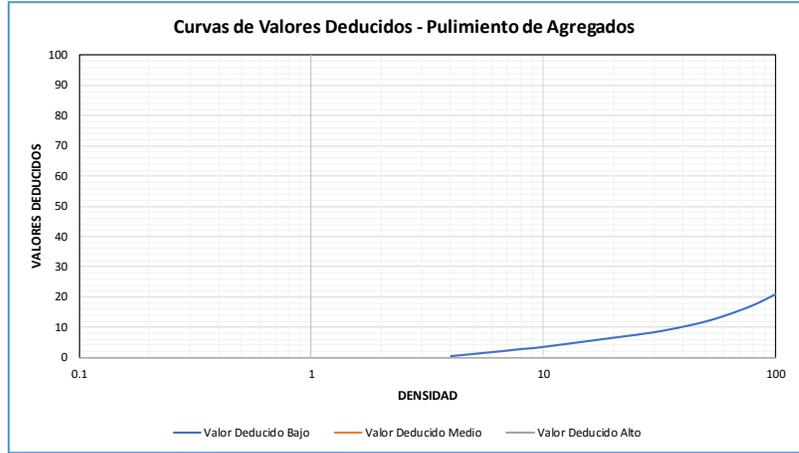
11. PARCHEO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.70	6.50
0.20		4.50	9.20
0.30		5.20	11.20
0.40		6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.00
1.00	2.30	10.10	20.00
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



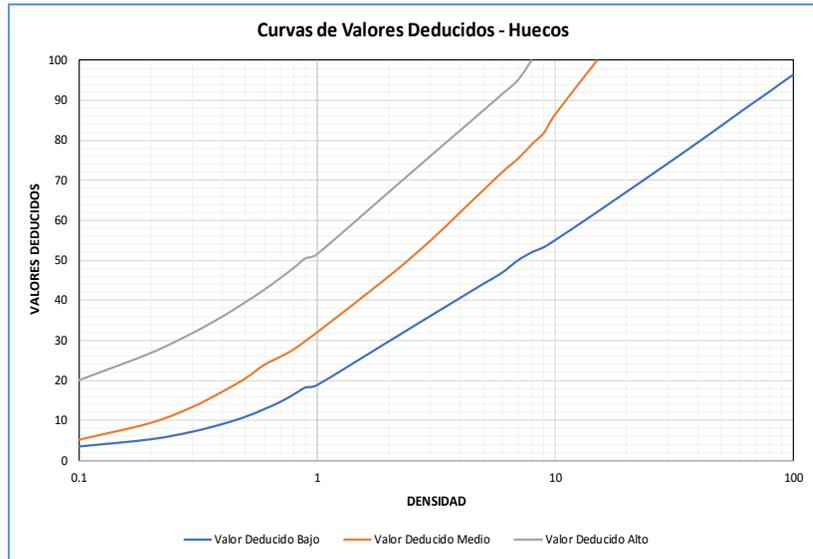
12. PULIMIENTO DE AGREGADOS

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00			
3.00			
4.00		0.50	
5.00		1.20	
6.00		1.80	
7.00		2.30	
8.00		2.80	
9.00		3.10	
10.00		3.50	
20.00		6.50	
30.00		8.30	
40.00		10.10	
50.00		11.80	
60.00		13.60	
70.00		15.40	
80.00		17.10	
90.00		18.90	
100.00		20.70	



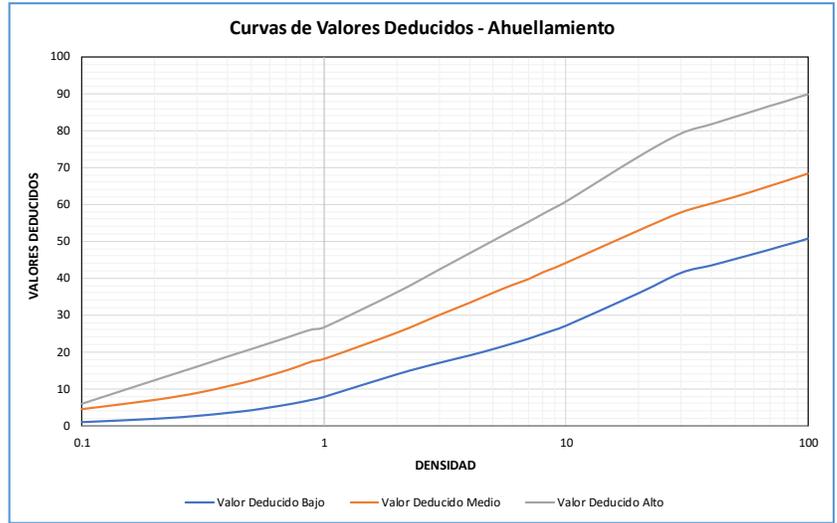
13. HUECOS

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	30.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.00
9.00	53.30	82.00	
10.00	55.00	86.50	
15.00	62.00	100.00	
30.00	74.30		
40.00	79.50		
50.00	83.60		
60.00	87.00		
70.00	89.80		
80.00	92.20		
90.00	94.40		
100.00	96.30		



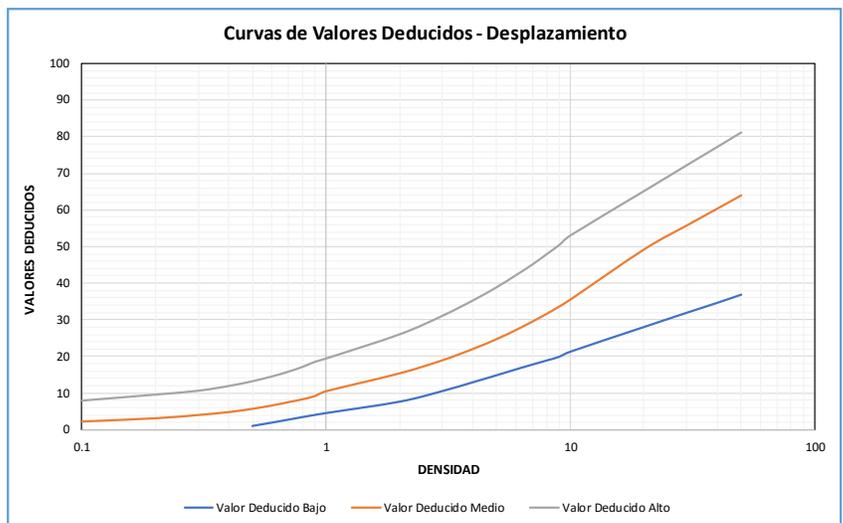
15. AHUELLAMIENTO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.20
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.90	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90



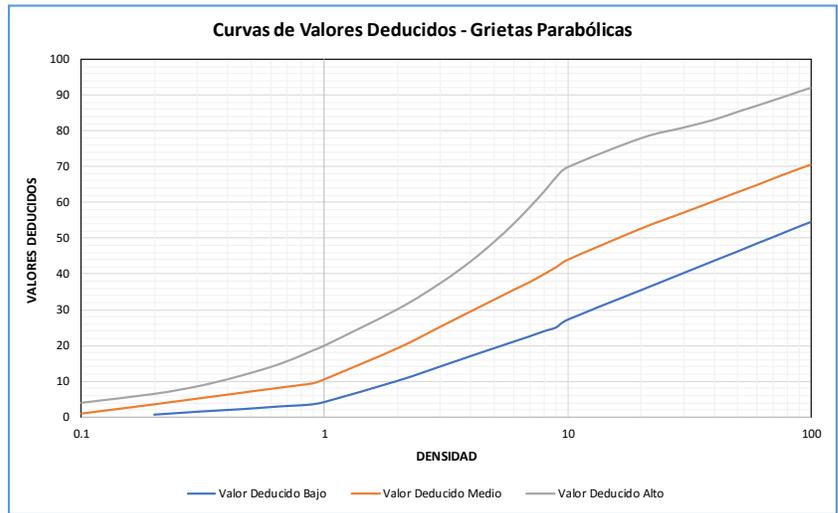
16. DESPLAZAMIENTO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		2.20	8.00
0.20		3.10	9.63
0.30		4.00	10.70
0.40		4.80	12.00
0.50	1.10	5.70	13.30
0.60	2.00	6.60	14.60
0.70	2.80	7.50	15.90
0.80	3.50	8.30	17.20
0.90	4.10	9.20	18.60
1.00	4.60	10.50	19.50
2.00	7.70	15.40	26.10
3.00	10.60	19.00	31.20
4.00	13.00	22.10	35.40
5.00	14.90	24.80	39.00
6.00	16.50	27.30	42.30
7.00	17.80	29.60	45.20
8.00	18.90	31.70	48.00
9.00	19.90	33.70	50.50
10.00	21.30	35.60	53.10
20.00	28.00	49.30	65.20
30.00	31.90	55.90	72.30
40.00	34.60	60.50	77.30
50.00	36.80	64.10	81.20
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



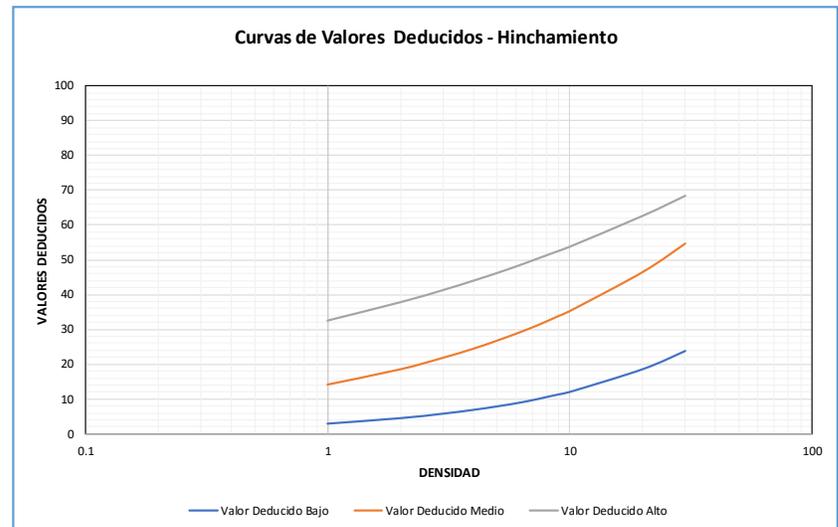
17. GRIETAS PARABÓLICAS

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		1.00	4.00
0.20	0.80	3.60	6.50
0.30	1.60	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10



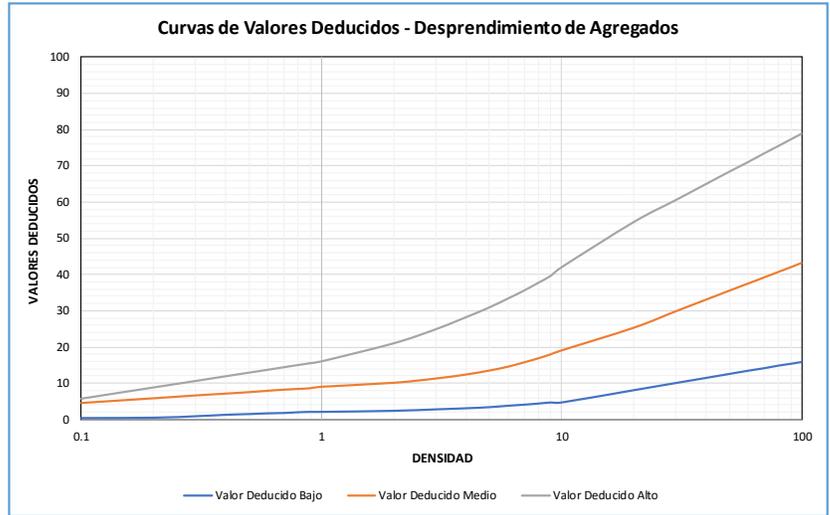
18. HINCHAMIENTO

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00			
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



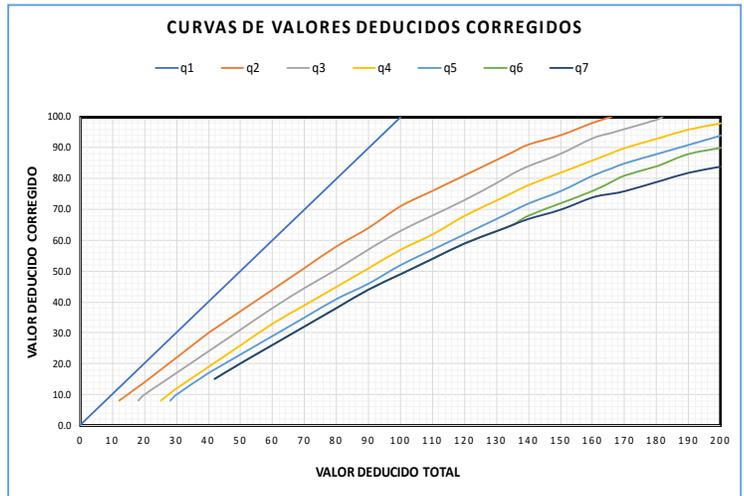
19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	0.30	4.40	5.70
0.20	0.40	5.70	8.80
0.30	0.80	6.50	10.60
0.40	1.20	7.00	11.90
0.50	1.40	7.40	12.90
0.60	1.60	7.80	13.70
0.70	1.70	8.10	14.40
0.80	1.90	8.30	15.00
0.90	2.00	8.50	15.50
1.00	2.00	8.90	16.00
2.00	2.30	10.00	21.00
3.00	2.70	11.20	24.90
4.00	3.00	12.30	28.20
5.00	3.30	13.40	30.90
6.00	3.70	14.50	33.40
7.00	4.00	15.70	35.60
8.00	4.30	16.80	37.70
9.00	4.60	17.90	39.60
10.00	4.60	19.00	42.00
20.00	8.00	25.30	54.50
30.00	10.00	29.90	60.60
40.00	11.40	33.10	65.00
50.00	12.50	35.60	68.40
60.00	13.40	37.60	71.10
70.00	14.10	39.30	73.50
80.00	14.80	40.80	75.50
90.00	15.30	42.10	77.30
100.00	15.80	43.30	78.90



CURVA DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS

VDT	Valor Deducido Corregido						
	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q ₆	q ₇
0	0.0						
10	10.0						
12	12.0	8.0					
18	18.0	12.5	8.0				
20	20.0	14.0	10.0				
25	25.0	18.0	13.5	8.0			
28	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0		
30	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0		
40	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0		
42	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110		76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120		81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130		86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135		88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140		91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150		94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160		98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166		100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170			96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180			99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182			100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190				96.0	91.0	88.0	82.0
200				98.0	94.0	90.0	84.0

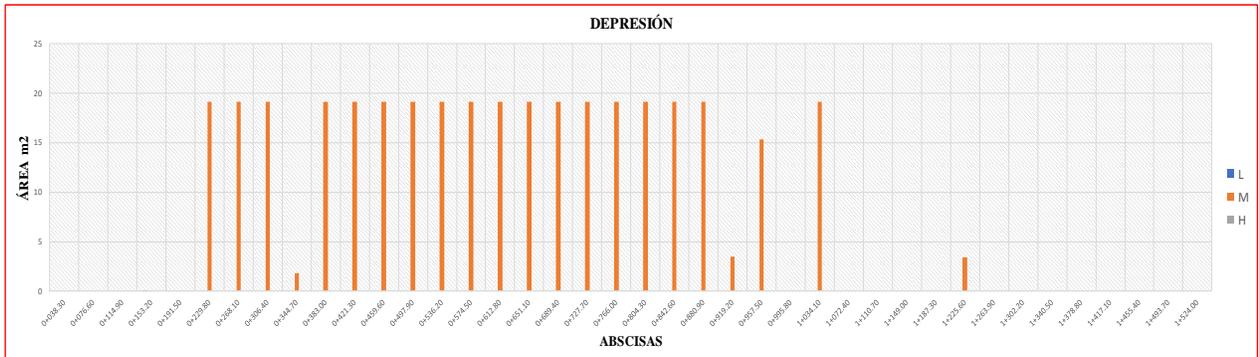
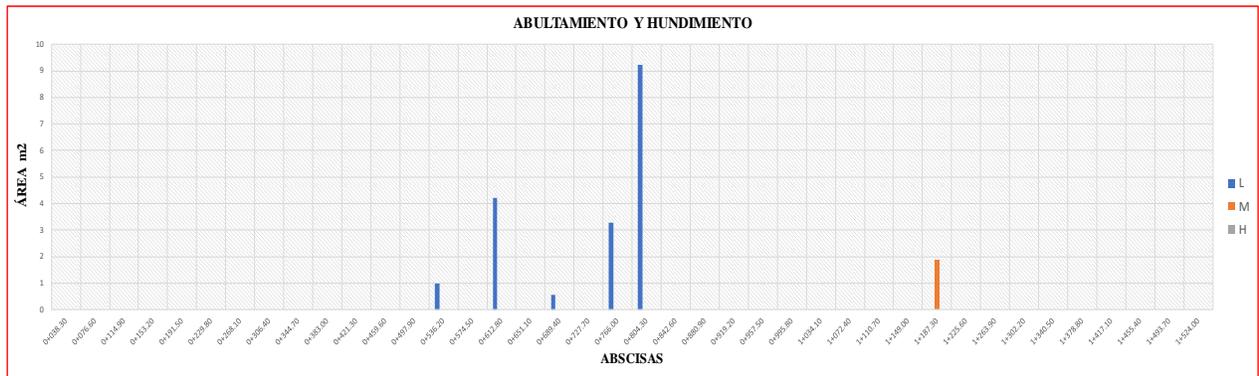
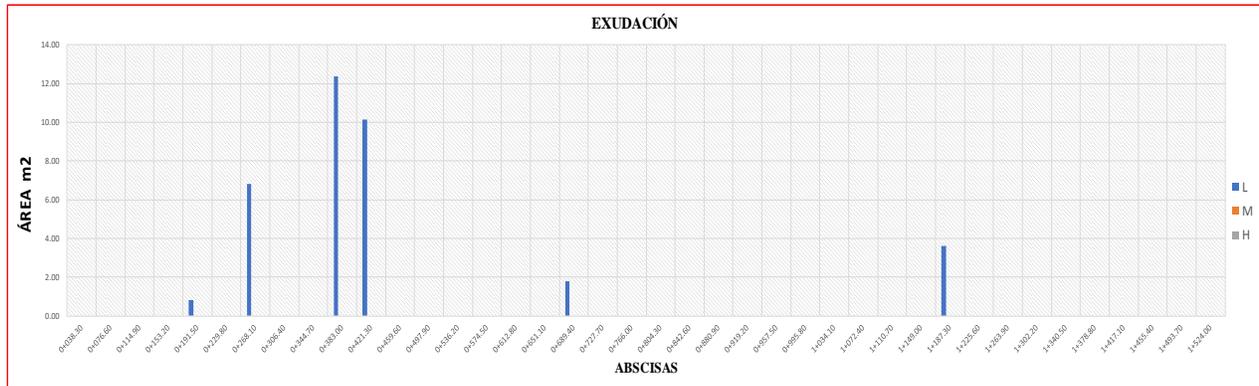
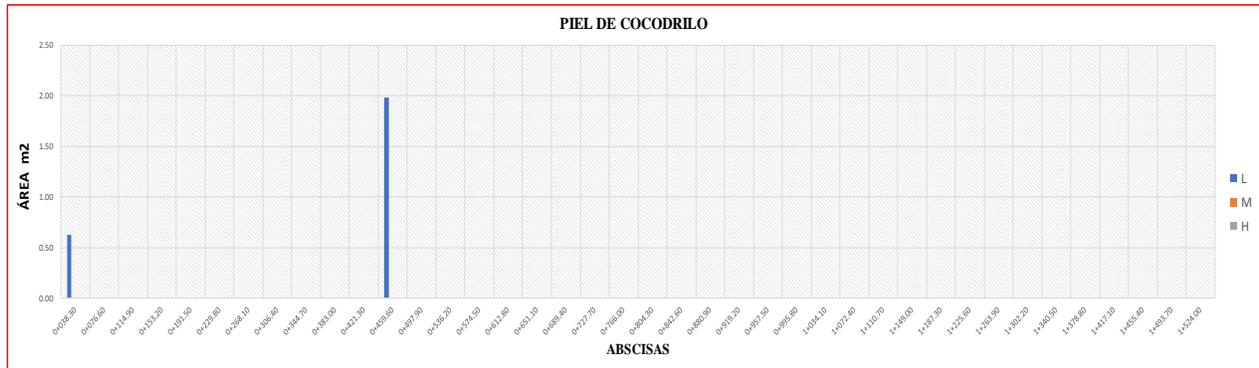


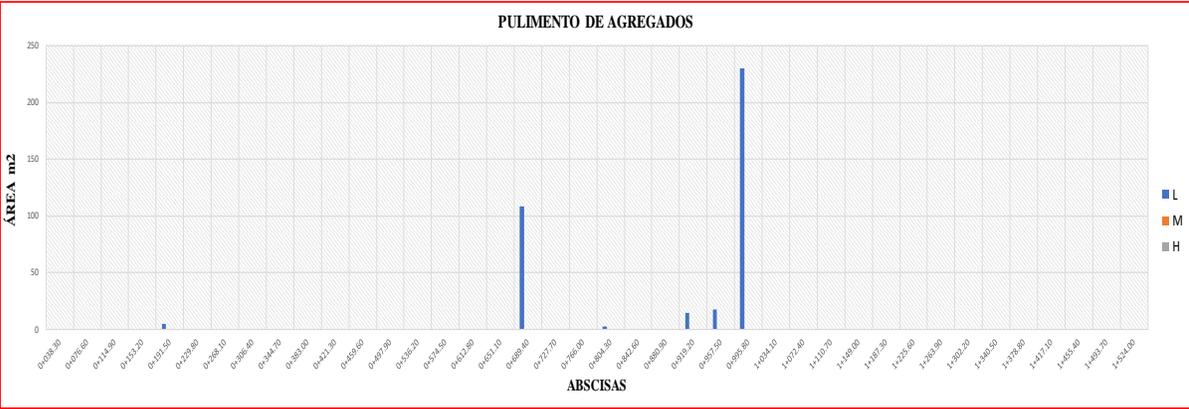
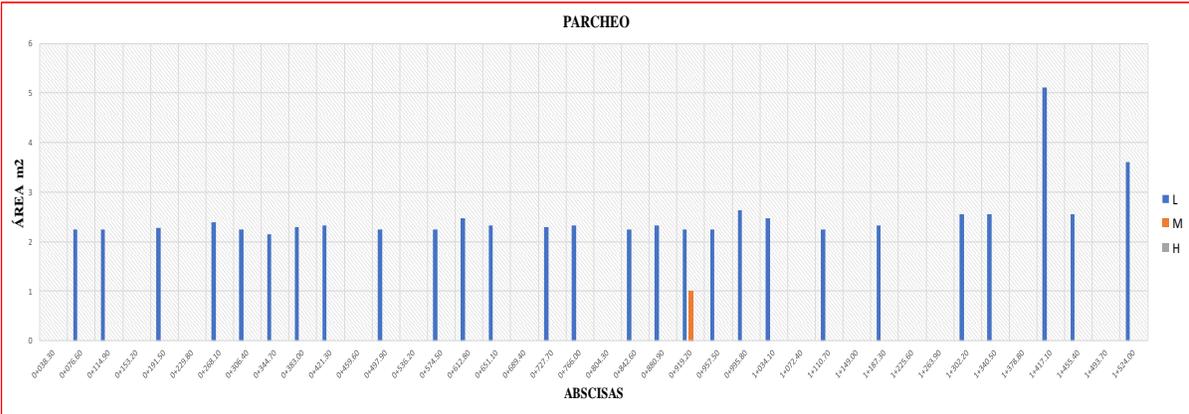
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
0+995.80	1+034.10	8	2	1	24.63	2.47				27.1	19.68	73.37	MUY BUENO
				1	24.63	2				26.63	26.63		
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+034.10	1+072.40	0	0							0	0	100	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+072.40	1+110.70	1	1	1	2.26					2.26	2.26	97.74	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+110.70	1+149.00	0	0							0	0	100	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+149.00	1+187.30	9	2	1	11.28	2.32	0.21			13.81	9.36	86.51	EXCELENTE
				1	11.28	2	0.21			13.49	13.49		
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+187.30	1+225.60	1	1	1	4.84					4.84	9.36	90.64	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+225.60	1+263.90	0	0							0	0	100	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+263.90	1+302.20	1	1	1	2.53					2.53	2.53	97.47	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+302.20	1+340.50	1	1	1	2.53					2.53	2.53	97.47	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+340.50	1+378.80	0	0							0	0	100	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+378.80	1+417.10	1	1	1	4.91					4.91	4.91	95.09	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+417.10	1+455.40	1	1	1	2.53					2.53	2.53	97.47	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+455.40	1+493.70	0	0							0	0	100	EXCELENTE
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL												
1+493.70	1+524.00	8	2	1	22.2	4.38				26.58	14.61	75.80	MUY BUENO
				1	22.2	2				24.20	24.20		

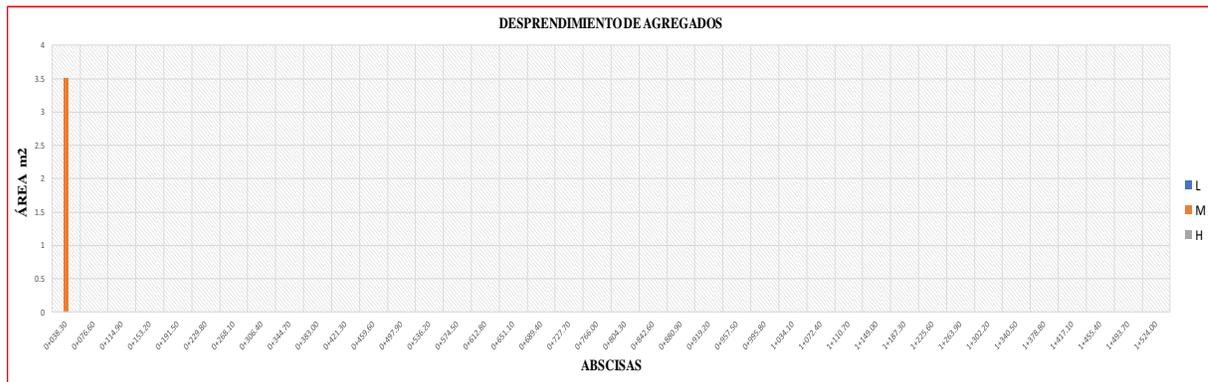
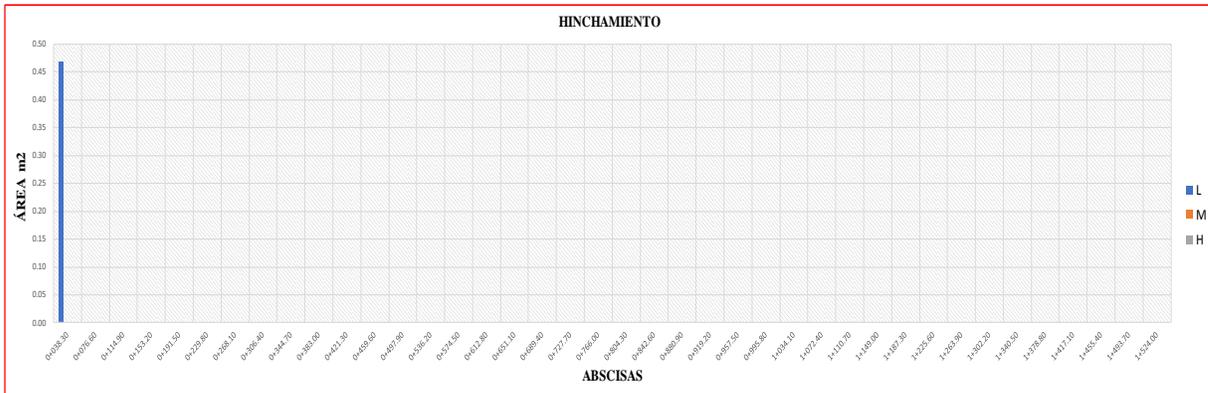
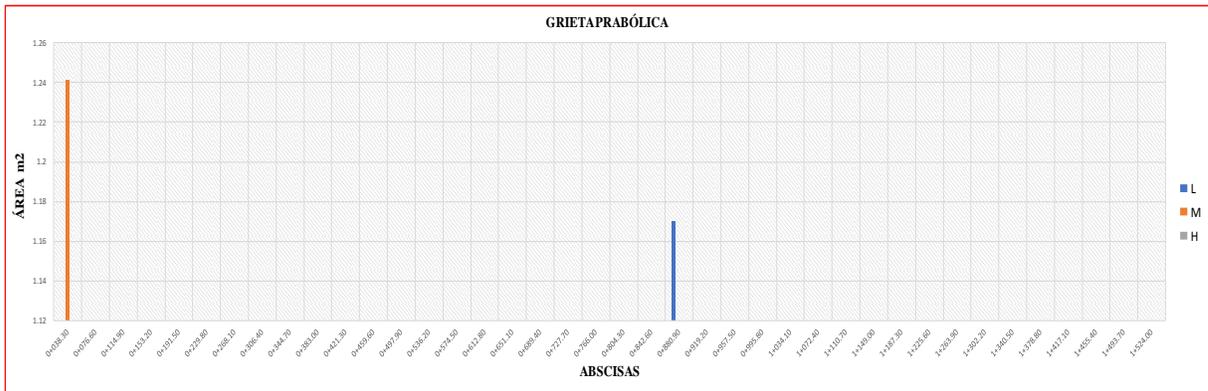
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO					VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN
INICIAL	FIINAL											
0+497.90	0+536.20	0	0						0	0	100	EXCELENTE
0+536.20	0+574.50	1	1	1	3.64				3.64	3.64	96.36	EXCELENTE
0+574.50	0+612.80	0	0						0.00	0.00	100	EXCELENTE
0+612.80	0+651.10	1	1	1	2.26				2.26	2.26	97.74	EXCELENTE
0+651.10	0+689.40	5	2	1	54.6	2.26			56.86	41.80	43.40	REGULAR
0+689.40	0+727.70	1	1	1	2.26				2.26	2.26	97.74	EXCELENTE
0+727.70	0+766.00	0	0						0.00	0.00	100.00	EXCELENTE
0+766.00	0+804.30	10	2	1	3.92	2.26			6.18	6.18	93.82	EXCELENTE
0+804.30	0+842.60	9	3	1	8.78	3.94	2.26		14.98	3.97	87.22	EXCELENTE
0+842.60	0+880.9	1	1	1	2.26				2.26	2.26	97.74	EXCELENTE
0+880.90	0+919.20	10	2	1	6.37	2.26			8.63	0	91.63	EXCELENTE
0+919.20	0+957.50	1	1	1	8.38				8.38	8.38	91.62	EXCELENTE
0+957.50	0+995.80	10	2	1	6.62	2.32			8.94	0	91.38	EXCELENTE

ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
0+995.80	1+034.10	6	2	1	44.9	2.38	0.13			47.41	35.19	53.74	REGULAR	
				1	2	44.13	2	0.13			46.26			46.26
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+034.10	1+072.40	9	2	1	16.36	15.37				31.73	23.38	76.62	MUY BUENO	
				1	2	16.36	2				18.36			18.36
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+072.40	1+110.70	9	3	1	8.89	3.81	2.26			14.96	3.95	87.11	EXCELENTE	
				2	2	8.89	3.81	2			14.7			10.03
				1	3	8.89	2	2			12.89			12.89
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+110.70	1+149.00	1	1	1	10.21					10.21	10.21	89.79	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+149.00	1+187.30	0	0							0	0	100	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+187.30	1+225.60	1	1	1	2.28					2.28	2.28	97.72	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+225.60	1+263.90	1	1	1	31.5					31.5	31.5	68.50	BUENO	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+263.90	1+302.20	0	0							0.00	0.00	100	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+302.20	1+340.50	9	3	1	8.89	3.9	2.26	1.33		16.38	5.84	85.78	EXCELENTE	
				2	2	8.89	3.9	2	1.33		16.12			11.09
				1	3	8.89	2	2	1.33		14.22			14.22
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+340.50	1+378.80	1	1	1	2.26					2.26	2.26	97.74	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+378.80	1+417.10	0	0							0.00	0.00	100	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+417.10	1+455.40	1	1	1	2.38					2.38	2.38	97.62	EXCELENTE	
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+455.40	1+493.70	9	2	1	12.42	11.5	0.07			23.99	12.79	85.51	EXCELENTE	
				1	2	12.42	2	0.07			14.49			14.49
ABSCISA		m	q	VALOR DEDUCIDO						VDT	VCD	PCI	CONDICIÓN	
INICIAL	FIINAL													
1+493.70	1+520.70	9	2	1	13.30	2.78				16.08	11.06	84.70	MUY BUENO	
				1	2	13.30	2				15.30			15.30

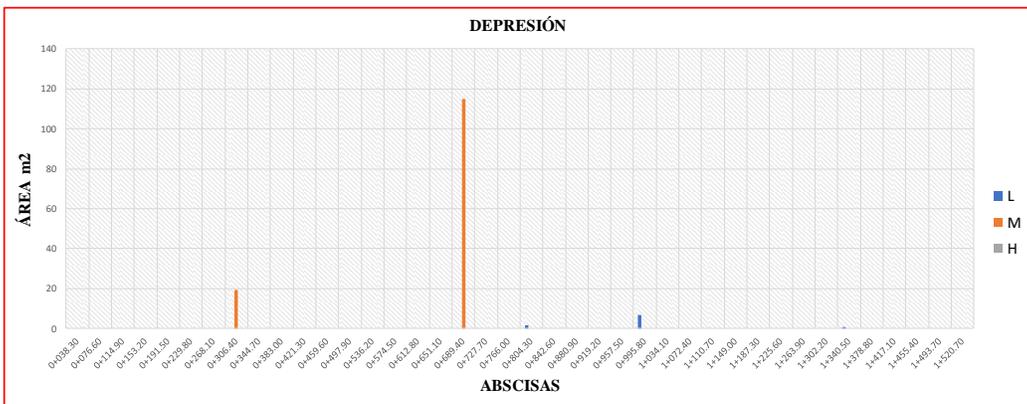
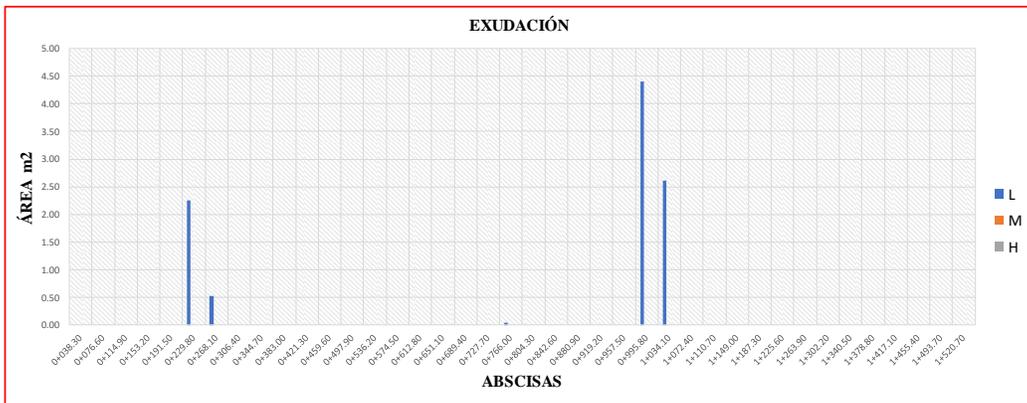
DISTRIBUCIÓN DE FALLAS DE LA AVENIDA CAMINO REAL – TRAMO 01

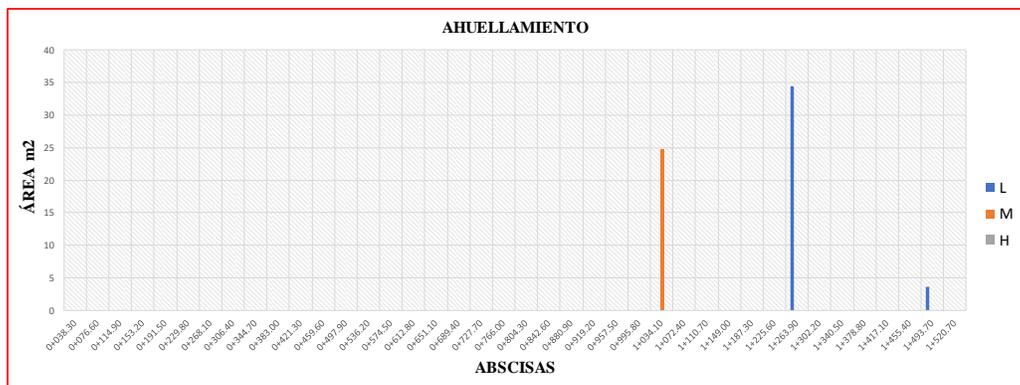
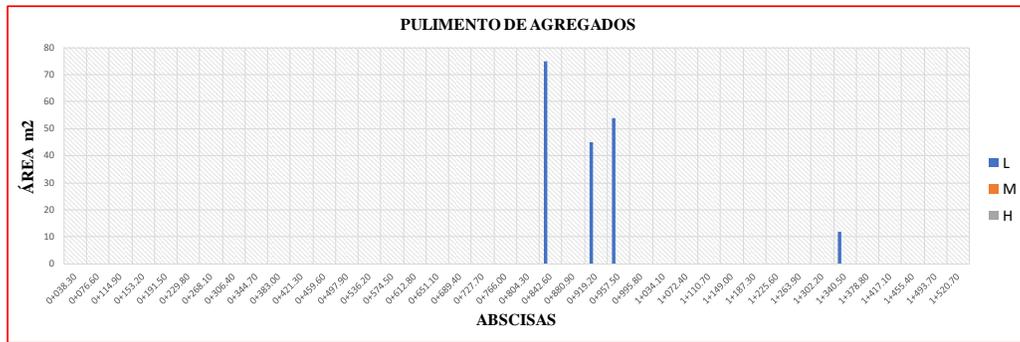
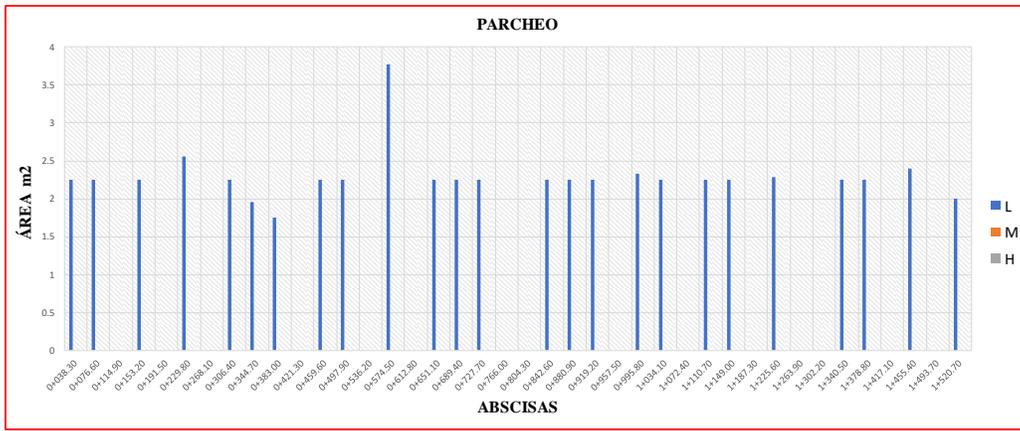
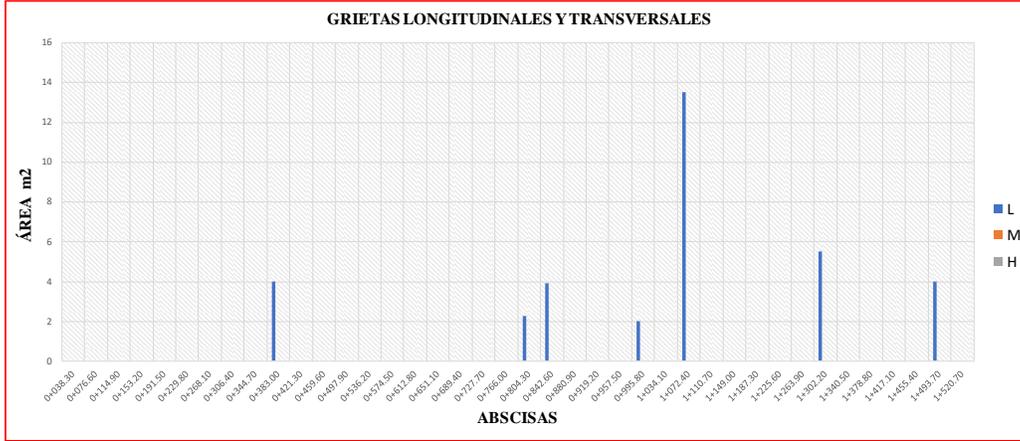






DISTRIBUCIÓN DE FALLAS DE LA AVENIDA CAMINO REAL – TRAMO 02





BANCO DE PREGUNTAS

Parámetros de evaluación

1.- ¿Se identificaron las diferentes clases de fallas que existen en la actualidad en la carpeta asfáltica?

Sí () No (✓)

2.- ¿Se tiene conocimiento de la severidad que presenta cada tipo de falla?

Sí () No (✓)

3.- ¿Se determinó la extensión en la que está actualmente cada tipo de falla?

Sí () No (✓)

Índice de Condición

4.- ¿Se cuentan con los parámetros para calcular el valor deducido (VD)?

Sí () No (✓)

5.- ¿Será factible determinar el número máximo admisible del valor deducido del pavimento?

Sí () No (✓)

6.- ¿Será factible determinar el máximo valor deducido corregido (CDV) contando con los datos anteriores?

Sí () No (✓)

7.- ¿Se cuentan con otros tipos de datos para determinar el PCI?

Sí () No (✓)

Condición del pavimento

8.- ¿Se cuentan con algunos datos para determinar la escala de clasificación de condición de pavimento?

Sí () No (✓)

9.- ¿Será factible determinar la condición en que se encuentra el pavimento a lo largo de la avenida camino Real?

Sí () No (✓)

FORMATO DE CONTEO VEHICULAR – RESUMEN DÍA



FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

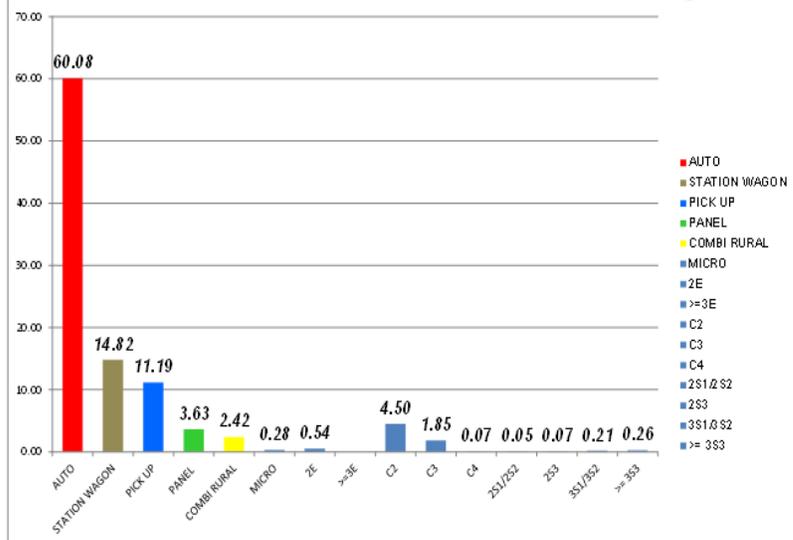
TRAMO DE LA VÍA	LUNES	ESTACION	
UBICACIÓN		DIA Y FECHA	

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA S			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	ZT2	C2R0	3T2	>=3T3			
6 - 7	538	82	53	28	24	8	2	1	46	12	3	2		5	8						787	6.9
7 - 8	408	81	49	45	10	4	1		37	7	1	2		2	3						650	5.7
8 - 9	504	84	79	36	18	2	4		33	5			3	3	5						776	6.8
9 - 10	448	102	82	29	21	2	3		31	14	1			1							732	6.5
10 - 11	510	124	78	28	28		8		48	16		1			2						841	7.4
11 - 12	477	134	92	28	28	3	6		34	15				2							816.9	7.2
12 - 13	366	95	81	27	23	2	8		36	12				2							641.8	5.7
13 - 14	528	89	97	25	15		3		29	17			1	1	4						809.2	7.1
14 - 15	483	105	101	24	22	1	5		38	19											797.6	7.0
15 - 16	471	118	91	22	16		6	1	35	21			1								782	6.9
16 - 17	414	142	84	30	12	2	4		25	15	2		2	6	2						741	6.5
17 - 18	378	136	76	27	16	5	2		32	19					6						695	6.1
18 - 19	417	139	98	22	17	2	3		29	12	1			1							741	6.5
19 - 20	503	144	108	21	15	1	4	1	30	15				3							845	7.5
20 - 21	384	126	103	20	11		2		27	11					1						685	6.0
TOTAL	6813	1681	1270	412	274	32	61	3	510	210	8	6	8	24	29						11341	
%	60.1	14.8	11.2	3.8	2.4	0.3	0.5	0.0	4.5	1.9	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3							

ENCUESTADOR : _____ JEFE DE BRIGADA : _____ ING.RESPONS: _____ SUPERV.MTCC : _____



PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL PRIMER DIA (2017/06) OPP



Tipo de Vehículo	Cantidad	%
AUTO	6813	60.08
STATION WAGON	1681	14.82
PICK UP	1270	11.19
PANEL	412	3.63
COMBI RURAL	274	2.42
MICRO	32	0.28
2E	61	0.54
>=3E	3	
C2	510	4.50
C3	210	1.85
C4	8	0.07
2S1/2S2	6	0.05
2S3	8	0.07
3S1/3S2	24	0.21
>= 3S3	29	0.26
TOTAL	11341	100

FALLAS DETERMINADAS EN LA AVENIDA CAMINO REAL



**PIEL DE
COCODRILO**





EXUDACIÓN



EXUDACIÓN



HUNDIMIENTO



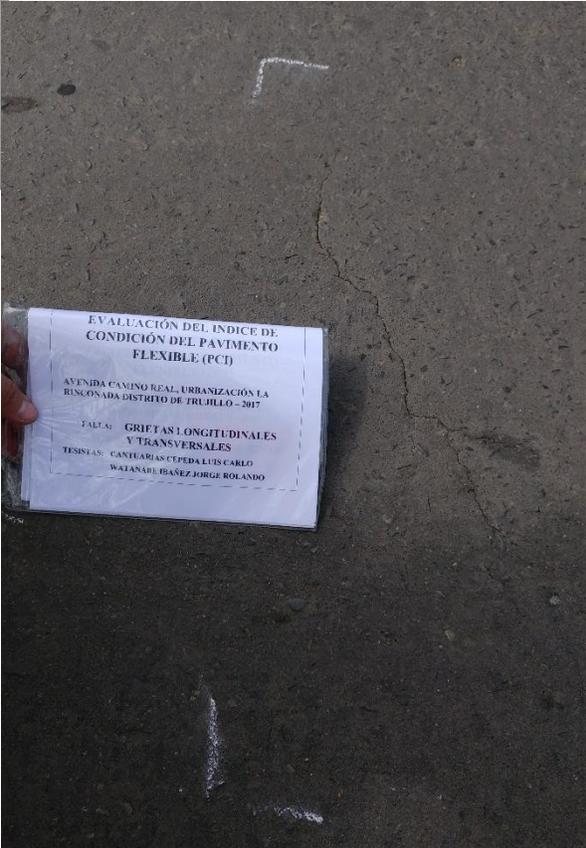
DEPRESIÓN





**FISURAS
LONGITUDINALES Y
TRANSVERSALES**

**FISURAS
LONGITUDINALES Y
TRANSVERSALES**





PARCHEO

PARCHEO POR UTILITARIOS





**PULIMENTO DE
AGREGADOS**





HUECOS





AHUELLAMIENTO



GRIETAS PARABÓLICAS



DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



HINCHAMIENTO





ABULTAMIENTO



**TESISTAS EN
TRABAJO DE CAMPO**



CONTEO VEHICULAR PARA CALCULO DE EAL



VEHÍCULOS DE CARGA PESADA INGRESAN A LA AVENIDA CAMINO REAL



