

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO EL MÉTODO
PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), DE LA
AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, TRAMO:
ÓVALO LA CULTURA - ÓVALO
TARAPACÁ – TACNA, 2023”

TESIS

Presentada por

Bach. DIEGO TAPIA QUISPE

Bach. CÉSAR ANDRÉ PINTO LOAYZA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA-PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), DE LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, TRAMO: ÓVALO LA CULTURA – ÓVALO TARAPACÁ – TACNA, 2023”

Tesis sustentada y aprobada el día 21 de junio de 2024 estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE

: 

Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

SECRETARIO

: 

Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

VOCAL

: 

Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

ASESOR DE TESIS

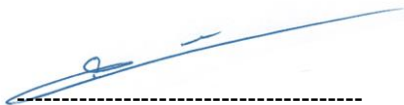
: 

Dr. Ing. Martín Paucara Rojas

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Ing. Martín Paucara Rojas**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 010-2023-FIAG/UNJBG de la tesis denominada: **“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), DE LA AVENIDA BOHEMIA TACNEÑA, TRAMO: ÓVALO LA CULTURA – ÓVALO TARAPACÁ – TACNA, 2023”**, presentado por el Bachiller Diego Tapia Quispe y el Bachiller César André Pinto Loayza, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software Antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 4%, por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor

DNI N°: 00451289

Nombre y apellidos del asesor: **Dr. Ing. Martín Paucara Rojas**

DEDICATORIA

A Dios, quien me fortalece para dar lo mejor de mí y me provee de salud, sabiduría, fe, paciencia y esperanza para seguir adelante.

A mis padres, hermanas y todos quienes contribuyeron a superar esta etapa de mi vida.

Diego Tapia Quispe

A mi padre, que me guía desde el cielo a quien le debo lo que soy hoy en día, a mi madre que es símbolo de la mujer tacneña luchadora, abnegada, quien día a día me muestra su apoyo y a mi hermano menor que siempre esta cuando se le necesita.

Cesar André Pinto Loayza

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida que me ofrece y la oportunidad diaria de ser feliz y de ser mejor persona.

A mis padres, mis hermanas, familiares y amistades, quienes con paciencia y amor me acompañaron durante esta etapa de la vida.

A todos aquellos que no he mencionado, que me apoyaron de una forma u otra, todo lo realizado lo he podido en Dios, y a Dios y siempre me deberé.

Diego Tapia Quispe

A mis padres, mi hermano, familiares y amistades, quienes estuvieron en este proceso largo de mi vida, el cual fue una etapa desafiante y gracias a su apoyo se pudo lograr.

Cesar André Pinto Loayza

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	4
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES	9
1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	12
2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE	12
2.2 CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO	12
2.3 MANTENIMIENTO.....	14
2.4 EVALUACIÓN DE PAVIMENTO	14
2.5 MÉTODOLÓGÍA PCI.....	15

2.6 FALLAS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	21
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	40
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	40
3.3 MUESTRA DE ESTUDIO	40
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS	41
3.5 MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	41
3.6 ÁMBITO DE INFLUENCIA	41
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
4.1 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	42
4.2 ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN EL PAVIMENTO.....	44
4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS	46
4.4 REGISTRO DE DATOS	50
4.5 CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS	76
4.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PCI.....	89
4.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE PCI.....	102
4.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	106
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1 CONCLUSIONES	107
5.2 RECOMENDACIONES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Rangos de calificación del PCI	15
Tabla 2 Formato de exploración de condición para carreteras	16
Tabla 3 Longitud máxima de las unidades de muestreo	17
Tabla 4 Fallas consideradas en un pavimento flexible según el PCI	22
Tabla 5 Tramos a evaluar por el método PCI	43
Tabla 6 Formato de registro de campo.....	45
Tabla 7 Registro de unidad de muestra M04 – Tramo 1	46
Tabla 8 Cálculo de valores deducidos, muestra M04 – Tramo 1	47
Tabla 9 Cálculo del índice PCI de muestra M04	48
Tabla 10 Registro de unidad de muestra M04 - tramo de subida.....	50
Tabla 11 Registro de unidad de muestra M08 - tramo de subida.....	51
Tabla 12 Registro de unidad de muestra M12 - tramo de subida.....	52
Tabla 13 Registro de unidad de muestra M16 - tramo de subida.....	53
Tabla 14 Registro de unidad de muestra M20 - tramo de subida.....	54
Tabla 15 Registro de unidad de muestra M24 - tramo de subida.....	55
Tabla 16 Registro de unidad de muestra M028 - tramo de subida	56
Tabla 17 Registro de unidad de muestra M32 - tramo de subida.....	57
Tabla 18 Registro de unidad de muestra M36 - tramo de subida.....	58
Tabla 19 Registro de unidad de muestra M40 - tramo de subida.....	59
Tabla 20 Registro de unidad de muestra M44 - tramo de subida.....	60

Tabla 21 Registro de unidad de muestra M48 - tramo de subida.....	61
Tabla 22 Registro de unidad de muestra M52 - tramo de subida.....	62
Tabla 23 Registro de unidad de muestra M04 - tramo de bajada.....	63
Tabla 24 Registro de unidad de muestra M08 - tramo de bajada.....	64
Tabla 25 Registro de unidad de muestra M12 - tramo de bajada.....	65
Tabla 26 Registro de unidad de muestra M16 - tramo de bajada.....	66
Tabla 27 Registro de unidad de muestra M20 - tramo de bajada.....	67
Tabla 28 Registro de unidad de muestra M24 - tramo de bajada.....	68
Tabla 29 Registro de unidad de muestra M28 - tramo de bajada.....	69
Tabla 30 Registro de unidad de muestra M32 - tramo de bajada.....	70
Tabla 31 Registro de unidad de muestra M36 - tramo de bajada.....	71
Tabla 32 Registro de unidad de muestra M40 - tramo de bajada.....	72
Tabla 33 Registro de unidad de muestra M44 - tramo de bajada.....	73
Tabla 34 Registro de unidad de muestra M48 - tramo de bajada.....	74
Tabla 35 Registro de unidad de muestra M52 - tramo de bajada.....	75
Tabla 36 Cálculo de valores deducidos, muestra M04 - tramo de subida.....	76
Tabla 37 Cálculo de valores deducidos, muestra M08 - tramo de subida.....	76
Tabla 38 Cálculo de valores deducidos, muestra M12 - tramo de subida.....	77
Tabla 39 Cálculo de valores deducidos, muestra M16 - tramo de subida.....	77
Tabla 40 Cálculo de valores deducidos, muestra M20 - tramo de subida.....	78
Tabla 41 Cálculo de valores deducidos, muestra M24 - tramo de subida.....	78

Tabla 42 Cálculo de valores deducidos, muestra M28 - tramo de subida.....	79
Tabla 43 Cálculo de valores deducidos, muestra M32 - tramo de subida.....	79
Tabla 44 Cálculo de valores deducidos, muestra M36 - tramo de subida.....	80
Tabla 45 Cálculo de valores deducidos, muestra M40 - tramo de subida.....	80
Tabla 46 Cálculo de valores deducidos, muestra M44 - tramo de subida.....	81
Tabla 47 Cálculo de valores deducidos, muestra M48 - tramo de subida.....	81
Tabla 48 Cálculo de valores deducidos, muestra M52 - tramo de subida.....	82
Tabla 49 Cálculo de valores deducidos, muestra M04 - tramo de bajada.....	82
Tabla 50 Cálculo de valores deducidos, muestra M08 - tramo de bajada.....	83
Tabla 51 Cálculo de valores deducidos, muestra M12 - tramo de bajada.....	83
Tabla 52 Cálculo de valores deducidos, muestra M16 - tramo de bajada.....	84
Tabla 53 Cálculo de valores deducidos, muestra M20 - tramo de bajada.....	84
Tabla 54 Cálculo de valores deducidos, muestra M24 - tramo de bajada.....	85
Tabla 55 Cálculo de valores deducidos, muestra M28 - tramo de bajada.....	85
Tabla 56 Cálculo de valores deducidos, muestra M32 - tramo de bajada.....	86
Tabla 57 Cálculo de valores deducidos, muestra M36 - tramo de bajada.....	86
Tabla 58 Cálculo de valores deducidos, muestra M40 - tramo de bajada.....	87
Tabla 59 Cálculo de valores deducidos, muestra M44 - tramo de bajada.....	87
Tabla 60 Cálculo de valores deducidos, muestra M48 - tramo de bajada.....	88
Tabla 61 Cálculo de valores deducidos, muestra M52 - tramo de bajada.....	88
Tabla 62 Cálculo del índice PCI de muestra M04 - tramo de subida	89

Tabla 63 Cálculo del índice PCI de muestra M08 - tramo de subida	89
Tabla 64 Cálculo del índice PCI de muestra M12 - tramo de subida	90
Tabla 65 Cálculo del índice PCI de muestra M16- tramo de subida	90
Tabla 66 Cálculo del índice PCI de muestra M20 - tramo de subida	91
Tabla 67 Cálculo del índice PCI de muestra M24 - tramo de subida	91
Tabla 68 Cálculo del índice PCI de muestra M28 - tramo de subida	92
Tabla 69 Cálculo del índice PCI de muestra M32 - tramo de subida	92
Tabla 70 Cálculo del índice PCI de muestra M36 - tramo de subida	93
Tabla 71 Cálculo del índice PCI de muestra M40 - tramo de subida	93
Tabla 72 Cálculo del índice PCI de muestra M44 - tramo de subida	94
Tabla 73 Cálculo del índice PCI de muestra M48 - tramo de subida	94
Tabla 74 Cálculo del índice PCI de muestra M52 - tramo de subida	95
Tabla 75 Cálculo del índice PCI de muestra M04 - tramo de bajada	95
Tabla 76 Cálculo del índice PCI de muestra M08 - tramo de bajada	96
Tabla 77 Cálculo del índice PCI de muestra M12 - tramo de bajada	96
Tabla 78 Cálculo del índice PCI de muestra M16 - tramo de bajada	97
Tabla 79 Cálculo del índice PCI de muestra M20 - tramo de bajada	97
Tabla 80 Cálculo del índice PCI de muestra M24 - tramo de bajada	98
Tabla 81 Cálculo del índice PCI de muestra M28 - tramo de bajada	98
Tabla 82 Cálculo del índice PCI de muestra M32 - tramo de bajada	99
Tabla 83 Cálculo del índice PCI de muestra M36 - tramo de bajada	99

Tabla 84 Cálculo del índice PCI de muestra M40 - tramo de bajada	100
Tabla 85 Cálculo del índice PCI de muestra M44 - tramo de bajada	100
Tabla 86 Cálculo del índice PCI de muestra M48 - tramo de bajada	101
Tabla 87 Cálculo del índice PCI de muestra M52 - tramo de bajada	101
Tabla 88 Resumen de valores PCI por Unidades de Muestra - Tramo Subida....	102
Tabla 89 Resumen de valores PCI por Unidades de Muestra - Tramo Bajada....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Avenida Bohemia Tacneña, área de intervención	6
Figura 2 Composición del pavimento flexible	12
Figura 3 Ciclo de Vida de los Pavimentos y Momentos de Mantenimiento.....	13
Figura 4 Piel de cocodrilo de alta severidad	23
Figura 5 Exudación de baja severidad	24
Figura 6 Agrietamiento en bloque, de severidad baja	25
Figura 7 Abultamiento y hundimiento de baja severidad en pavimento flexible ..	26
Figura 8 Corrugación en pavimento flexible	27
Figura 9 Depresión de baja severidad	28
Figura 10 Grietas de borde.....	29
Figura 11 Grieta de reflexión de junta	30
Figura 12 Desnivel carril.....	31
Figura 13 Grieta longitudinal de alta severidad	32
Figura 14 Parcheo de alta severidad.....	33
Figura 15 Pulimento de agregados	34
Figura 16 Huecos	35
Figura 17 Cruce de vía férrea.....	35
Figura 18 Ahuellamiento en el pavimento flexible.....	36
Figura 19 Desplazamiento de severidad media.....	37
Figura 20 Grietas parabólicas.....	38

Figura 21 Hinchamiento.....	38
Figura 22 Desprendimiento de agregados.....	39
Figura 23 Diagrama del área de trabajo	44
Figura 24 Ábaco para el cálculo del Valor Deducido Corregido.....	49
Figura 25 Valores del PCI por Unidad de Muestra Tramo Subida	103
Figura 26 Valores del PCI por Unidad de Muestra Tramo Bajada	105

RESUMEN

La presente investigación contempla el análisis del estado de conservación del pavimento asfáltico de la Av. Bohemia Tacneña, tramo: Óvalo La Cultura – Óvalo Tarapacá, en el distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa de Tacna, aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) a fin de determinar el estado actual del pavimento. En esta avenida transitan diversos vehículos tanto públicos como particulares, por lo que es importante analizar el tramo en cuestión.

El área total de estudio representa un pavimento de dos carriles cuya longitud es de 1.82 km, y mediante el método PCI se obtuvieron 13 unidades de muestras tanto para el carril de subida como el de bajada. Por esta metodología se observaron y registraron todas las fallas existentes dentro del área de estudio para que posteriormente se analizaran y a la vez presentar una recomendación de mantenimiento.

Para el carril de subida se obtuvo un valor PCI de 43.16 de condición “REGULAR”, y en el carril de bajada un valor PCI de 50.53 de condición “REGULAR”, dando como resultado promedio una calificación “REGULAR” para el pavimento flexible con un PCI de 46.85

Palabras Clave: Conservación, Pavimento Asfáltico, PCI, Mantenimiento, Fallas, Unidades de Muestra

ABSTRACT

The present investigation contemplates the analysis of the state of conservation of the asphalt pavement of Av. Bohemia Tacneña, section: Óvalo La Cultura – Óvalo Tarapacá, in the district Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa from Tacna, applying the Pavement Condition Index (PCI) method in order to determine the current state of the pavement. Various vehicles, both public and private, travel along this avenue, so it is important to analyze the section in question.

The total study area represents a two-lane pavement whose length is 1.82 km, and using the PCI method, 13 sample units were obtained for both the uphill and downhill lanes. Using this methodology, all existing failures within the study area were observed and recorded so that they could later be analyzed and at the same time present a maintenance recommendation.

For the uphill lane, a PCI value of 43.16 for “REGULAR” condition was obtained, and for the downhill lane, a PCI value of 50.53 for “REGULAR” condition was obtained, resulting in an average rating of “REGULAR” for the flexible pavement with a PCI of 46.85

Keywords: Conservation, Asphalt Pavement, PCI, Maintenance, Failures, Sample Units

INTRODUCCIÓN

El análisis del estado de los pavimentos es una parte fundamental de la gestión de la infraestructura pública de una comunidad. Su propósito principal es identificar el estado de los pavimentos y proponer soluciones para prolongar su vida útil, lo que resulta esencial para garantizar un transporte eficiente en la sociedad. Las vías de la ciudad no solo sirven para el tránsito diario de las personas, sino también para el transporte de vehículos, carga de suministros, y servicios de emergencia.

El pavimento, al igual que cualquier otra estructura, tiende a deteriorarse y presentar problemas con el tiempo, debido al uso constante que recibe, a factores como el proceso de construcción y a las condiciones climáticas de la región en la que se encuentra. Identificar los problemas, como las diferentes fallas existentes, no es suficiente; es igualmente importante proponer soluciones como el tipo de reparación o rehabilitación que necesita el pavimento.

Por lo tanto, esta investigación se centra en el uso de la metodología PCI para identificar las deficiencias o fallas específicas a lo largo de un tramo de pavimento, en este caso la Avenida Bohemia Tacneña. El objetivo es cuantificar la gravedad de estas fallas y asignarles una calificación que refleje el estado del tramo de estudio, lo que proporciona información sobre su condición actual.

En el Capítulo 1, se comienza con la presentación de aspectos generales, tales como los antecedentes de la investigación, así como el desarrollo de la problemática, reflejado en formulación del problema, de la hipótesis, objetivos, entre otros.

En el capítulo 2, se desarrolla el marco teórico, correspondiente a las bases teóricas que respaldan las variables de estudio.

En el capítulo 3, se detalla la metodología empleada para la realización del proyecto, las técnicas de procesamiento y recolección de datos.

En el capítulo 4, se presentan el procedimiento y método de análisis mediante los cuales se concretaron y sustentaron las variables de estudio.

En el capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Se hizo la evaluación y propuesta de obras adecuadas de mantenimiento y rehabilitación para un corredor vial principal que conecta la ciudad de Adén, Yemen. Esta carretera es la carretera “Al-Fiush”, de 10,84 km de longitud. Aplicando la metodología del Pavement Condition Index (PCI) se ha encontrado que la clasificación es "muy buena", con un valor de $PCI = 79.4$, con algunas muestras clasificadas como "pobres" (Karim et al., 2016).

Se aplicó el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para determinar el estado actual del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla, Piura. En esta ocasión fueron analizados 1200 metros de la avenida y se identificaron los deterioros existentes. Al aplicar el método PCI, la Av. Luis Montero resulta con un índice de condición de pavimento (PCI) de 49, lo cual indica que el pavimento se encuentra en una condición regular (Rodríguez, 2009).

En el pavimento flexible del corredor Javier Prado, Lima se realizó la evaluación del mismo mediante la aplicación del método (PCI). Se registró las cantidades, los tipos y severidades de cada falla existente y se calculó el valor del PCI para 828 metros, resultando un valor de 57 con una condición “Buena”. En función al PCI, se dispuso plantear mantenimientos menores (Tacza y Rodríguez, 2018).

Se realizó un estudio en la carretera, de doble calzada, del aeropuerto Hammed Karzi al hotel intercontinental en la ciudad de Kabul, Afganistán. Esta investigación se llevó a cabo para identificar el deterioro del pavimento flexible de 10 km de longitud. Aplicando la metodología del PCI, se obtuvieron que los valores de PCI son (45-67) que significa una condición aceptable. (Hafizyar y Mosaberpanah, 2018).

En el campus de la Universidad de Agricultura de Makurdi (UAM), en Nigeria, se llevó a cabo un estudio para analizar el Índice de Condición de Pavimento (PCI) de carreteras flexibles. Se siguió el protocolo estándar ASTM D6433. Los resultados del análisis revelaron que más del 65% de la superficie del pavimento se encontraba en un estado que iba desde pobre hasta fallido. Sin embargo, en algunas secciones, se observaron condiciones como regulares y buenas. Por tanto, se recomendó la necesidad de una rehabilitación completa. (Adeke et al., 2019).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El pavimento flexible de la Av. Bohemia Tacneña, tramo: Óvalo La Cultura y el Óvalo Tarapacá, de una longitud de 1.82 km, cuenta actualmente con fallas superficiales que dificultan el adecuado tránsito de los vehículos. Razón por la cual es indispensable analizar el estado de conservación del pavimento flexible, utilizando una adecuada metodología (PCI) y establecer tratamientos para la reparación del mismo.

La red vial del Perú está conformada por vías afirmadas y asfaltadas y las vías pavimentadas presentan un claro deterioro debido a un inexistente mantenimiento. Por lo cual es necesario aplicar nuevas metodologías de rehabilitación de las vías existentes y mejorar en calidad la conservación de la red vial a un costo reducido (Choque, 2019).

Para mantener una vía sin daños superficiales se necesita los datos de las fallas existentes para evaluar la condición de la vía e identificar sus niveles de gravedad, luego realizar las acciones de mantenimiento. El mantenimiento vial se realiza con la finalidad de efectivizar el periodo para el cual fue diseñado el pavimento (Leguía y Pacheco, 2016). Los pavimentos de carreteras requieren trabajos continuos de mantenimiento y rehabilitación para evitar el deterioro causado por la carga repetitiva del tráfico y los factores ambientales (Hall et al., 1992). Muchas investigaciones muestran que el costo de mantenimiento del pavimento flexible en un estado extremadamente pobre, es de 4 a 5 veces mayor que el de una reparación oportuna del camino (Haas, 1994). Otros investigadores han establecido que la rehabilitación oportuna del pavimento ahorra alrededor del 50% del costo de la rehabilitación (Arabani et al., 2017).

El índice de condición del pavimento (PCI) es una forma económica de determinar la condición de la superficie de las carreteras, identificar las fallas, las necesidades de mantenimiento y rehabilitación (Karim et al., 2016). Determinar el índice de

condición del pavimento (PCI) permite evaluar la superficie del pavimento, el pavimento eficaz y eficiente, la mejora de los sistemas de mantenimiento, y la preparación para el enfoque de rehabilitación (Hafizyar y Mosaberpanah, 2018).

Figura 1

Avenida Bohemia Tacneña, área de intervención



Nota. Área de intervención de 1.82 km de distancia (Google Maps, 2023)

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Interrogante principal

- ¿Cuál es el estado de conservación del pavimento flexible aplicando el método Pavement Condition Index en la Av. Bohemia Tacneña, tramo entre el Óvalo La Cultura y el Óvalo Tarapacá - 2023?

1.3.2 Interrogantes específicas

- a) ¿Cómo se determina el estado de conservación del pavimento flexible aplicando el método Pavement Condition Index?
- b) ¿Qué fallas se encuentran en el pavimento flexible?
- c) ¿En qué estado de conservación de pavimento se encuentra el pavimento flexible?

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis general

Mediante el análisis del estado de conservación, del pavimento flexible en la Av. Bohemia Tacneña, tramo entre el Óvalo La Cultura y el Óvalo Tarapacá - Tacna, se determinará el estado actual del pavimento

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) La determinación del estado de conservación superficial del pavimento flexible es deficiente
- b) Las fallas identificadas en el pavimento flexible, mediante el PCI, son de diversos grados de deterioro.
- c) El análisis del comportamiento del estado de conservación del pavimento flexible permitirá, de manera óptima, proponer adecuadas acciones de mantenimiento.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Es de gran relevancia realizar el análisis del estado de conservación del pavimento flexible porque aporta información indispensable sobre la condición actual de la vía y permite tomar acciones de mantenimiento a un tiempo oportuno. En Tacna existen muchas vías que presentan fallas o deterioros, los cuales dificultan el correcto tránsito vehicular por la ciudad y que en algunos casos podrían generar accidentes.

La importancia de identificar el estado de conservación del pavimento nos permitirá realizar un mantenimiento oportuno para extender la vida útil de la infraestructura vial. Esto representará un ahorro económico puesto que se evitará llegar a un estado de mayor deterioro que necesite de una reconstrucción total.

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Objetivo general

Analizar el estado de conservación del pavimento flexible en la Av. Bohemia Tacneña, tramo entre el Óvalo La Cultura y el Óvalo Tarapacá - Tacna, aplicando el método Pavement Condition Index (PCI).

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el estado de conservación superficial del pavimento flexible, aplicando el método de Pavement Condition Index (PCI)
- b) Identificar las fallas existentes en el pavimento flexible.

- c) Analizar el comportamiento del estado de conservación del pavimento flexible para su mantenimiento.

1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.7.1 Identificación de Variables

- Método Pavement Condition Index (PCI)
- Estado de conservación del pavimento flexible.

1.7.2 Caracterización de las Variables

- Variable independiente: Método Pavement Condition Index (PCI)
- Variable dependiente: Estado de conservación del pavimento flexible.

1.7.3 Medición Operacional de las Variables

- a) **Variable independiente:** Metodología del PCI; se hallará el estado de conservación del pavimento mediante el mencionado método para la evaluación superficial del pavimento asfáltico, clasificando el tipo y gravedad de las fallas existente en el área de trabajo.
- b) **Variable dependiente:** Estado de conservación del pavimento; se determinará el estado actual del pavimento flexible, identificando la gravedad del pavimento en general mediante la aplicación del método PCI.

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1 Alcances

Mediante la ejecución de este estudio, se pretende obtener un conocimiento detallado sobre el estado de conservación actual del pavimento en el tramo de la Avenida Bohemia Tacneña, que está siendo analizado. Este conocimiento se reflejará a través del uso del índice PCI, lo que facilitará que las autoridades competentes tomen las medidas necesarias para el mantenimiento y/o reconstrucción de las fallas identificadas.

Es importante destacar que el método del índice PCI es adaptable a cada tipo de pavimento, ya que incluye diversos parámetros que tienen en cuenta las diferentes fallas, ya sean rígidos o flexibles. Esto permite realizar un análisis adecuado para el presente pavimento en cuestión.

En resumen, esta investigación proporcionará información importante para el mantenimiento de la Av. Bohemia Tacneña, así como para la planificación de un programa de conservación para la vía en cuestión. Además, permitirá comparar su estado con el de otras vías, lo que resulta esencial para futuros procesos de prevención y mantenimiento.

1.8.2 Limitaciones

Dado que el área de estudio es una avenida con un tránsito importante de vehículos, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación tienen un período de validez corto. Esto se debe al hecho de que el pavimento continuará deteriorándose a lo largo del tiempo por el continuo tránsito de vehículos. Por lo tanto, cualquier trabajo posterior podría arrojar resultados distintos, dependiendo de las intervenciones realizadas en el área de estudio o del grado de las fallas que podría aumentar en el futuro.

CAPÍTULO II

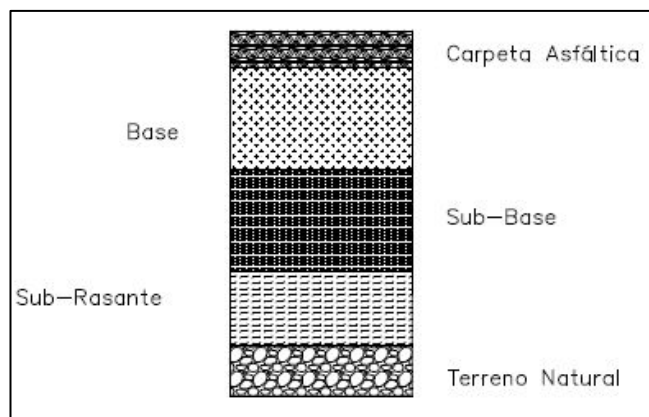
MARCO TEÓRICO

2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

Consiste en una capa de rodadura compuesta por asfalto también conocida como carpeta asfáltica, la cual es responsable de absorber tanto las fuerzas horizontales como verticales. Esta capa de rodadura se encuentra sobre una capa base y una capa subbase, que a su vez se sitúan sobre la capa subrasante (Miranda, 2010).

Figura 2

Composición del pavimento flexible



Nota. (AASHTO, 1993)

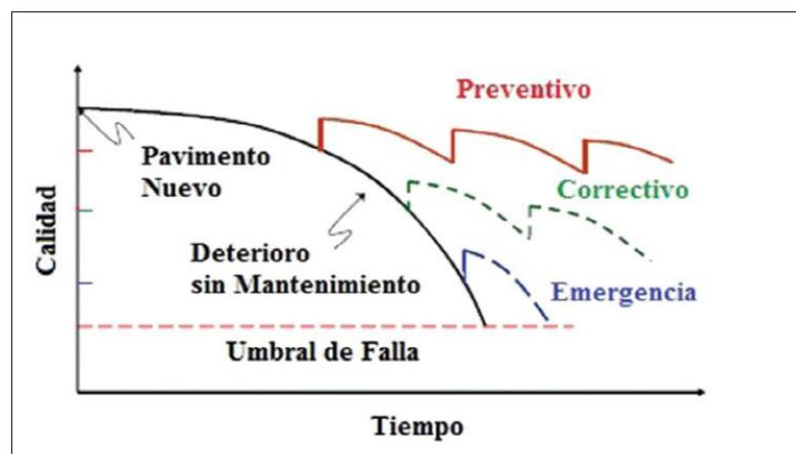
2.2 CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO

Cada país tiene condiciones locales únicas, que incluyen condiciones climáticas, tecnológicas, operativas y de tráfico, así como diferentes estándares y unidades de medida (Braga y Cygas, 2002).

Los principales factores que influyen en la pérdida de rendimiento del pavimento, es decir la capacidad de servicio, de un pavimento son las cargas de tráfico, la edad y los efectos climáticos (AASHTO, 1993). La mayoría de los estudios realizados en pavimentos no han podido identificar ningún efecto estructural de la resistencia del pavimento o la carga del tráfico, y han relacionado el deterioro del rendimiento directamente con el tiempo y la edad del pavimento (Paterson, 1990). El deterioro de un pavimento se da desde una fase inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es relevante indicar que un pavimento de condición regular o superior brinda una carretera aún adecuada para los usuarios (Choque, 2019).

Figura 3

Ciclo de Vida de los Pavimentos y Momentos de Mantenimiento



Nota. (Flintsch y Fernández, 2015)

2.3 MANTENIMIENTO

Se refiere a las labores, tareas, operaciones y precauciones habituales, regulares o urgentes que se llevan a cabo con el propósito de asegurar que la infraestructura vial mantenga su integridad en términos de superficie, funcionamiento, estructura y seguridad. Esto se hace para garantizar la satisfacción de los usuarios y, en general, para gestionar eficazmente el tráfico. Desde un enfoque operativo, el mantenimiento se divide en tres categorías: mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia. (Hilliquín, 2016).

2.4 EVALUACIÓN DE PAVIMENTO

Se trata de un informe que proporciona información sobre el estado actual tanto de la superficie como de la estructura del pavimento, con el objetivo de tomar las acciones de mantenimiento necesarias. Asimismo, al llevar a cabo evaluaciones periódicas del pavimento, se puede prever la duración del proyecto. En última instancia, esta evaluación también ofrece la posibilidad de optimizar los costos de rehabilitación, ya que abordar los problemas de deterioro en sus etapas iniciales puede extender la vida útil del pavimento y, como consecuencia, reducir costos significativos (Medina y De La Cruz, 2015).

2.5 MÉTODOLÓGÍA PCI

El método Pavement Condition Index (PCI) es un método con un enfoque exhaustivo diseñado para evaluar la calidad de la superficie de un pavimento, ya sea flexible o rígido. Se trata de un indicador numérico que abarca un rango que va desde cero (0), que indica un pavimento en un estado muy deteriorado, hasta cien (100), que señala un pavimento en perfectas condiciones (Shahin, 2005).

Tabla 1

Rangos de calificación del PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
77-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Nota. (Vásquez, 2002)

El PCI es un valor numérico que evalúa el estado de una superficie de pavimento. Ofrece su condición, que se fundamenta en el deterioro observado en la superficie de la carretera, y proporciona información sobre la integridad estructural y el estado operativo (ASTM, 2007). La aplicación del PCI se lleva a cabo mediante etapas de inspección visual, determina el tipo y nivel de daño y mide las dimensiones del daño que incluyen longitud, ancho y profundidad, calcula el área del daño y analiza la condición del daño (Sabaruddin y Rabial, 2018).

Tabla 2

Formato de exploración de condición para carreteras

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
--------------	------------------	-----------------	--------------	-----------------	---------------------------

ESQUEMA

Nota. Adaptado de (Vásquez, 2002)

El método PCI no es una medición precisa de la resistencia al deslizamiento, la capacidad estructural y la aspereza de la carretera. Sin embargo, esta es una herramienta objetiva para evaluar los requisitos de mantenimiento y rehabilitación en la sección del camino debido al enfoque perfecto del pavimento (Hajj et al., 2011). Algunos usos y beneficios del PCI incluyen la identificación de la necesidad de mantenimiento y rehabilitación inmediato de carreteras; desarrollo de una red vial, estrategias de mantenimiento preventivo y presupuestos; y evaluación de materiales y diseños de pavimento (Galehouse et al., 2003).

El valor del PCI se obtiene mediante el análisis de las unidades de muestreo, que son divisiones en las que se fragmenta el pavimento. La longitud máxima de estas unidades de muestra está directamente relacionada con el ancho del pavimento (Vásquez, 2002).

Tabla 3

Longitud máxima de las unidades de muestreo

Longitud de Unidades de Muestreo Estimados	
Ancho de Calzada (m)	Longitud de Muestreo (m)
5.00	46.0
5.50	41.8
6.00	38.3
6.50	35.4
7.30	31.5

Nota. (Vásquez, 2002)

Para determinar las unidades de muestras es necesario establecer el número mínimo de unidades de muestra que deben ser analizadas, lo ideal sería la evaluación exhaustiva de todas las unidades en un proyecto de mantenimiento. A pesar de esto, se puede obtener un valor estadísticamente válido con un 95% de confiabilidad (Vásquez, 2002). Para esto utilizaremos la ecuación mostrada a continuación:

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

Donde:

n = Cantidad mínima de unidades de muestreo a evaluar

N = Cantidad total de unidades de muestreo

e = Error admisible (Para una confiabilidad de 95%, $e = 5\%$)

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades (se estima en 10%)

La recolección de muestras de estos segmentos debe llevarse a cabo de manera que estén distribuidas de manera uniforme a lo largo de todo el pavimento a evaluar. Para lograr esto, se calcula un intervalo de muestreo mediante la división de la cantidad total de unidades entre la cantidad mínima de unidades de muestreo, utilizando la siguiente ecuación. (Vásquez, 2002)

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

n = Cantidad mínima de unidades de muestreo a evaluar

N = Cantidad total de unidades de muestreo

i = Frecuencia de muestreo

Una de las principales desventajas del método es que excluye del proceso de inspección y evaluación algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Además, existe la posibilidad de que unidades de muestreo con daños que ocurren de manera única no sean incluidas de manera apropiada. Para evitar esta situación, la

inspección debe identificar cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una "unidad adicional", el cálculo del PCI se ajusta ligeramente para evitar la extrapolación de toda la sección. (Vásquez, 2002)

En el análisis de cada unidad de muestreo, se realiza posteriormente el cálculo de los "Valores Deducidos", que representan índices derivados de la medición de las fallas observadas en cada unidad de muestra, y su densidad en relación con la superficie total. Cabe destacar que cada tipo de falla cuenta con una curva de correlación específica. (Vásquez, 2002)

A continuación, se procede al cálculo de la cantidad máxima permitida de los valores deducidos. Este cálculo tiene como objetivo limitar la cantidad de valores deducidos utilizados en la estimación del PCI, priorizando aquellos de mayor relevancia. Se realiza por unidad de muestreo y no debe exceder el valor de 10. En caso de que el resultado supere este límite, se ajustará a dicho número. Si se presentan más valores deducidos de los permitidos, se eliminarán los valores menores. En el caso de tener una cantidad máxima permitida con decimales, estos se multiplicarán por el valor deducido correspondiente en orden de prioridad, de mayor a menor. El cálculo de este valor se realiza mediante la ecuación. (Vásquez, 2002)

$$mi = 1 + \frac{9 \times (100 - HDV)}{98}$$

Donde:

m_i = máxima cantidad de valores deducidos admisibles

HVD = mayor valor deducido encontrado en la unidad de muestreo

Después de esta etapa, se procede al cálculo del valor deducido corregido máximo, denominado "CDV". Este cálculo implica contar los valores deducidos permitidos y sumarlos, luego se ingresan en la curva de corrección. Posteriormente, se reduce a 2 el valor más bajo de los obtenidos y se repite este proceso hasta que solo quede un valor deducido mayor a 2. El CDV será el máximo entre los valores que se obtengan. (Vásquez, 2002)

Para concluir, se resta este valor de 100, obteniendo así el PCI para cada unidad de muestreo. En el caso de que todas las unidades muestreadas sean representativas, el PCI total será el PCI promedio calculado de dichas muestras. En el escenario de emplear unidades de muestreo adicionales, se utilizará el promedio ponderado calculado con la siguiente ecuación. (Vásquez, 2002)

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI_S: PCI de la sección del pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

2.6 FALLAS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

El método PCI evalúa la mayoría de los daños que se pueda presentar en el pavimento flexible, envuelve 19 tipos y posee siete escalas para evaluar la condición del pavimento y sus cálculos para determinar la clasificación de los daños son detallados por niveles de severidad de daño, lo que hace que tome más tiempo en su análisis y evaluación en la muestra (Choque, 2019).

Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de 19 que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento. Estas fallas solo representan a las que se encuentran en los pavimentos flexibles, ya que para los pavimentos rígidos se consideran otras (Vásquez, 2002).

Tabla 4*Fallas consideradas en un pavimento flexible según el PCI*

Nro.	Descripción	Unid.
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamientos y Hundimientos	m
5	Corrugaciones	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel de carril o berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parcheo	m2
12	Agregado Pulidos (Pulimento)	m2
13	Huecos	No
14	Vías férreas	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Desplazamientos	m2
17	Grietas parabólicas	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Meteorización/Desprendimiento de agregados	m2

Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.1 Piel de cocodrilo

Consisten en una serie de grietas interconectadas que se originan debido a la fatiga en la capa superficial del pavimento asfáltico, como consecuencia de las cargas repetidas del tráfico. Este tipo de agrietamiento comienza en la base de la capa asfáltica, donde las tensiones y deformaciones unitarias son más significativas bajo la carga de una rueda. Inicialmente, estas grietas se propagan hacia la superficie en forma de una serie de fisuras longitudinales que discurren de manera paralela (ASTM, 2007).

Figura 4

Piel de cocodrilo de alta severidad



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.2 Exudación

Se refiere a la formación de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, creando una capa brillante, cristalina y reflectante que tiende a volverse pegajosa. Este fenómeno se origina por un exceso de asfalto en la mezcla, una aplicación excesiva de sellante asfáltico o una baja proporción de vacíos de aire en la mezcla. Se produce cuando el asfalto llena los espacios vacíos de la mezcla, especialmente en condiciones de altas temperaturas ambientales, expandiéndose en la superficie del pavimento. Dado que el proceso de exudación no es reversible en condiciones de baja temperatura, el asfalto tiende a acumularse en la superficie (Vásquez, 2002).

Figura 5

Exudación de baja severidad



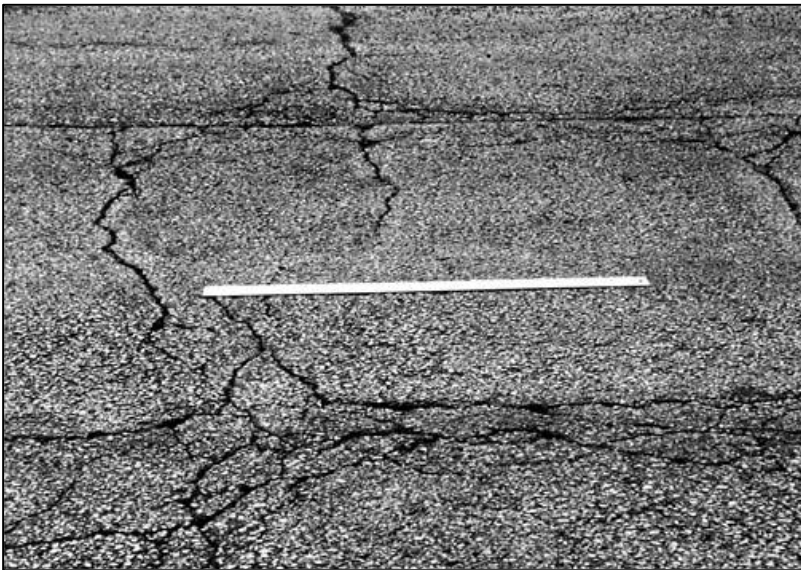
Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.3 Agrietamiento en bloque

Se generan principalmente debido a la contracción del concreto asfáltico y a los cambios diarios de temperatura. Estas grietas no están relacionadas con cargas y señalan que el asfalto ha experimentado un endurecimiento considerable. Por lo general, se manifiestan en una extensa área del pavimento, aunque ocasionalmente pueden aparecer solamente en zonas sin tránsito (Vásquez, 2002).

Figura 6

Agrietamiento en bloque, de severidad baja



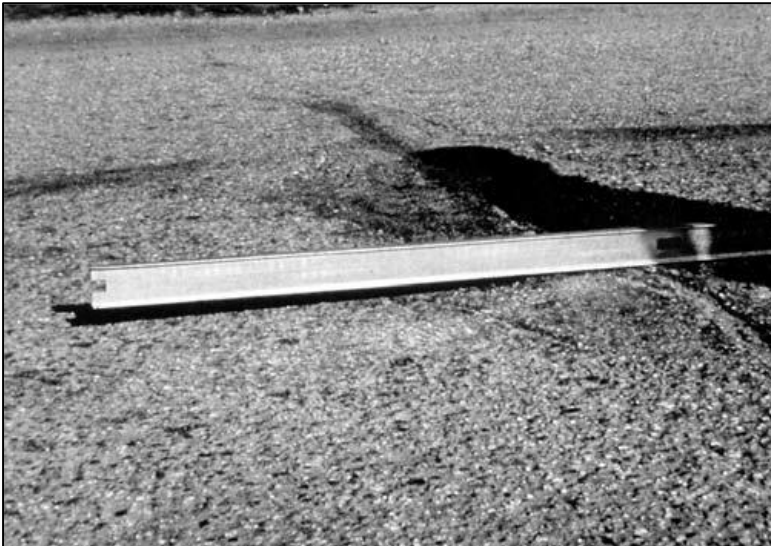
Nota. (ASTM, 2007)

2.6.4 Abultamiento y hundimiento

Los abultamientos son pequeños desplazamientos ascendentes que se localizan en la superficie del pavimento. A diferencia de los desplazamientos, que se originan en pavimentos inestables, los abultamientos pueden tener diversas causas. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo de la superficie del pavimento, caracterizados por pequeños y bruscos desplazamientos. Cuando se producen distorsiones y desplazamientos que abarcan extensas áreas del pavimento, dando lugar a depresiones considerables o prolongadas en su superficie, se denominan ondulaciones (ASTM, 2007).

Figura 7

Abultamiento y hundimiento de baja severidad en pavimento flexible



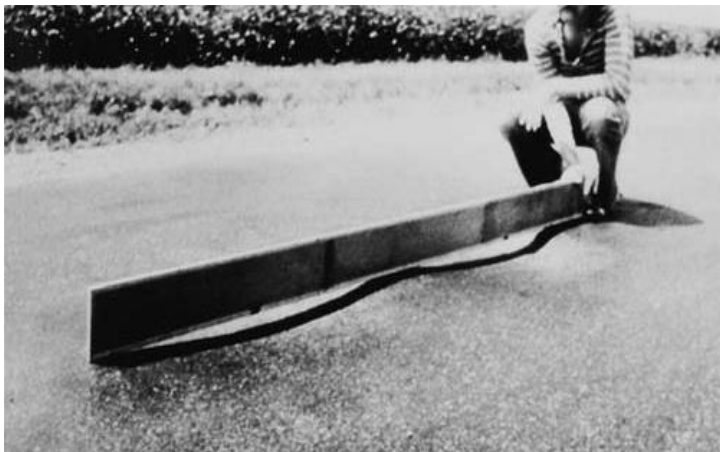
Nota. (ASTM, 2007)

2.6.5 Corrugación

Son una sucesión de elevaciones y depresiones que se presentan a intervalos muy constantes, a distancias inferiores a 3.0 metros. Las elevaciones son perpendiculares a la dirección del flujo vehicular. Este deterioro resulta de la combinación de la acción del tránsito con una base inestable (Vásquez, 2002).

Figura 8

Corrugación en pavimento flexible



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.6 Depresión

Se refieren a zonas que presentan un nivel más bajo que el del pavimento circundante. Estas áreas abarcan una extensión mayor que los hundimientos y surgen debido a una falla en el proceso de compactación o en el control de calidad del material, dando lugar a un descenso de nivel significativo en esa área específica (Vásquez, 2002).

Figura 9

Depresión de baja severidad



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.7 Grietas de borde

Son fisuras que se desarrollan en la dirección del flujo vehicular, ubicadas cerca del borde exterior del pavimento. Estas grietas se originan debido a la entrada de humedad, influencias ambientales que causan una expansión y contracción del pavimento a tasas diferentes que las aceras, y se ven agravadas por la acción de las cargas vehiculares. Para abordar este problema, es necesario llevar a cabo una remoción completa de las grietas, eliminar la humedad y proceder con la reconstrucción del área afectada (Adlinge & Gupta, 2013).

Figura 10

Grietas de borde



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.8 Grieta de reflexión de junta

Se generan debido al desplazamiento de la losa de concreto de cemento, ocasionado por variaciones de temperatura o niveles de humedad, debajo de la superficie del concreto asfáltico. Este tipo de deterioro no está vinculado a las cargas, aunque es posible que las cargas del tránsito provoquen la fractura del concreto asfáltico en las proximidades de la fisura (ASTM, 2007).

Figura 11

Grieta de reflexión de junta



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.9 Desnivel de carril

Consiste en una disparidad de alturas entre el borde del pavimento y la berma. Esta afectación surge debido a la su erosión, el hundimiento de la misma o la aplicación de sobrecarpetas en la calzada sin realizar el correspondiente ajuste del nivel (ASTM, 2007).

Figura 12

Desnivel carril



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.10 Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales se caracterizan por su dirección a lo largo del flujo vehicular en la superficie del pavimento, mientras que las grietas transversales se desarrollan en una dirección perpendicular a dicho flujo. Estas fisuras generalmente no tienen relación con las cargas generadas por el tránsito, sino más bien con factores como las juntas entre carriles de pavimento, la continuidad defectuosa en la construcción, o la contracción diaria causada por los cambios de temperatura (ASTM, 2007).

Figura 13

Grieta longitudinal de alta severidad



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.11 Parcheo

Se define como una sección del pavimento que ha sido sustituida por material nuevo con el propósito de reparar la superficie existente. Aunque su rendimiento pueda ser satisfactorio, se clasifica como un defecto, y generalmente se observa cierta rugosidad en conexión con este tipo de daño (Vásquez, 2002).

Figura 14

Parqueo de alta severidad



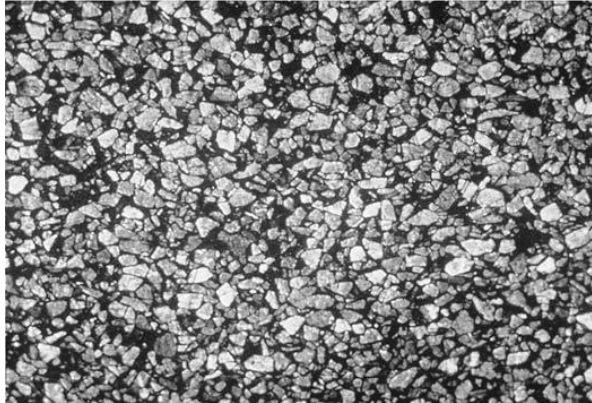
Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.12 Pulimento de agregados

Este tipo de daño se origina debido a la acción repetida de cargas de tránsito. La suavización de la superficie al tacto conlleva a una considerable disminución en la adherencia con las llantas del vehículo. En casos donde la proporción de agregado en la superficie es mínima, la textura del pavimento no desempeña un papel relevante en la disminución de la velocidad del vehículo (Vásquez, 2002).

Figura 15

Pulimento de agregados



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.13 Huecos

Los baches, caracterizados por su forma de cuenco similar a las depresiones, representan un deterioro que progresa de manera incremental. Inicialmente, pequeños fragmentos de la capa superior se desprenden. Los baches se localizan en áreas con un sistema de drenaje deficiente y se forman cuando el pavimento se descompone bajo la carga del tráfico, debido a la insuficiente resistencia en una o más capas del pavimento, a menudo asociada con la presencia de agua (Adlinge & Gupta, 2013).

Figura 16

Huecos



Nota. (Adlinge & Gupta, 2013)

2.6.14 Cruce de vía férrea

Este inconveniente es resultado de la construcción de un cruce ferroviario en la vía, originando depresiones o elevaciones en las proximidades de los rieles (Vásquez, 2002).

Figura 17

Cruce de vía férrea



Nota. (ASTM, 2007)

2.6.15 Ahuellamiento

El ahuellamiento se refiere a una concavidad en la superficie de las huellas dejadas por las ruedas. En ocasiones, puede ocurrir que el pavimento se eleve a lo largo de los bordes del ahuellamiento, aunque en la mayoría de casos, esta elevación solo se hace evidente después de la lluvia, cuando las huellas retienen agua (Vásquez, 2002).

Figura 18

Ahuellamiento en el pavimento flexible



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.16 Desplazamiento

Se define como desplazamiento al deslizamiento longitudinal persistente de una región localizada en la superficie de la carpeta asfáltica, causado por las cargas del flujo vehicular. Cuando el tránsito ejerce presión, se origina una onda breve y abrupta en su superficie. Este tipo de daño se manifiesta en pavimentos con mezclas de asfalto líquido que carecen de estabilidad (ASTM, 2007).

Figura 19

Desplazamiento de severidad media



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.17 Grietas parabólicas

Son fisuras que adoptan la forma de una media luna creciente. Se generan por el frenado o giro de la ruedas provocan el deslizamiento o deformación de la superficie del pavimento. Comúnmente, este tipo de deterioro se presenta en situaciones donde existe una mezcla asfáltica de baja resistencia o una conexión deficiente entre la superficie y la capa subsiguiente (Adlinge & Gupta, 2013).

Figura 20

Grietas parabólicas



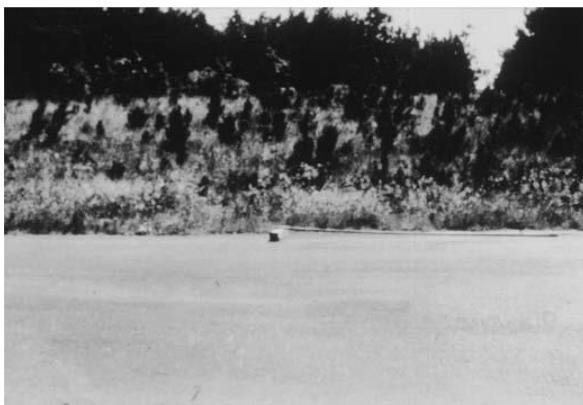
Nota. (ASTM, 2007)

2.6.18 Hinchamiento

Se manifiesta mediante una elevación gradual de la superficie del pavimento, creando una onda extendida con una longitud superior a 3.0 metros. Este tipo de elevación puede ir acompañado de fisuras superficiales (ASTM, 2007).

Figura 21

Hinchamiento



Nota. (Vásquez, 2002)

2.6.19 Meteorización o desprendimiento de agregados

La pérdida de la superficie del pavimento se produce como resultado de la disminución del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este deterioro sugiere que el ligante asfáltico ha experimentado un endurecimiento significativo o que la calidad de la mezcla es deficiente (Vásquez, 2002).

Figura 22

Desprendimiento de agregados



Nota. (Adlinge & Gupta, 2013)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación representa ser de un tipo aplicativo, puesto que se basa en la aplicación de conocimientos de la metodología del PCI en un área de trabajo en donde no se altera la muestra estudiada.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es de tipo descriptiva-exploratoria, descriptiva porque se describen las diversas fallas encontradas en el pavimento flexible, observando y anotando sus propiedades como las dimensiones de las mismas; y exploratoria porque se busca profundizar la investigación de temas pocos estudiados para que sirva de referencia en futuros trabajos.

3.3 MUESTRA DE ESTUDIO

La muestra de la presente tesis de investigación es el área a lo largo de 1.82 Km de pavimento flexible de dos carriles de la Avenida Bohemita Tacneña, tramo entre óvalo Tarapacá - óvalo La Cultura.

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

Uso del manual de la metodología Pavement Condition Index (PCI), para clasificar las diferentes fallas halladas mediante la observación visual, y se registrarán el tipo, gravedad y área en una hoja con el formato de datos, teniendo en cuenta una previa capacitación para identificar correctamente las fallas. Uso de la cinta métrica y cámara fotográfica para realizar las mediciones de los deterioros y capturar las imágenes de los mismos. Uso de yeso para delimitar las divisiones de las unidades de muestreo a lo largo del área de estudio.

3.5 MÉTODO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se procesarán los datos mediante plantillas de Excel en computadora, las cuales nos permitirán determinar el valor del índice PCI para todos los tramos del área de estudio. Con los valores numéricos del PCI podremos clasificar la condición actual de pavimento flexible y de esta manera determinar el tipo de mantenimiento que se necesita según la condición del mismo.

3.6 ÁMBITO DE INFLUENCIA

El ámbito de influencia es el área de trabajo que comprende la Avenida Bohemita Tacneña, tramo entre óvalo Tarapacá - óvalo La Cultura; y la población cercana que será beneficiada si se realiza la rehabilitación de la zona de estudio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Para aplicar la metodología del PCI y determinar la condición actual del pavimento flexible primero necesitamos hallar las unidades de muestreo, teniendo en cuenta la teoría mencionada anteriormente y los siguientes datos:

Longitud de Av. Bohemia Tacneña = 1820 m

Ancho de calzada = 6.60 m, tenemos que según la tabla 2 e interpolando tenemos:

Longitud de muestreo = 35 m

Cálculo del área de cada unidad de muestra = $35 \times 6.60 = 231.00 \text{ m}^2$

Total de Muestras (N) = Área Total/Área Muestreo

$$N = \frac{1820 \times 6.6}{231} = 52$$

Consideramos N = 52 muestras totales

Ahora realizaremos el cálculo de las unidades de muestreo (n), es decir las unidades representativas.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = \frac{51.98 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (51.98 - 1) + 10^2} = 12.41$$

Para fines prácticos, consideramos 13 muestras representativas

Posteriormente calculamos el intervalo de muestreo (i)

$$i = N/n = 52/13 \approx 4$$

Finalmente, determinamos los tramos representados por las unidades de muestreo específicas, las cuales se obtendrán tomando un valor inicial aleatorio, y luego se adicionará el valor de la frecuencia (i), quedando de la siguiente manera:

Tabla 5

Tramos a evaluar por el método PCI

TRAMO	MUESTRA
1	M04
2	M08
3	M12
4	M16
5	M20
6	M24
7	M28
8	M32
9	M36
10	M40
11	M44
12	M48
13	M52

Nota. Elaboración propia

Necesariamente la cantidad de tramos debe ser mayor a la cantidad de muestras representativas, observamos que se evaluarán 13 unidades de muestreo. Estas muestras son para ambos casos de subida y de bajada.

Tabla 6

Formato de registro de campo

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nombre de la vía:	Sección:	Unidad de muestra:
Ejec. 1:	Fecha:	Área:
Ejec. 2:		

FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
--------------	-----------------	--------------	-----------------	---------------------------

ESQUEMA


Nota. Formato de registro para las fallas en el pavimento flexible, con las áreas afectadas y sus niveles de gravedad.

4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Realizaremos el cálculo de todo el proceso, tomando como ejemplo el tramo M04

Tabla 7

Registro de unidad de muestra M04 – Tramo 1

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 04	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área: 231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 H	1.76			
1 L	1.26			
7 M	35.4			
10 L	3			
11 L	2.56	3.6	54.34	
11 M	2.89			
19 H	0.68	0.18	0.49	0.07
ESQUEMA				

Nota. En la muestra 4 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, grieta de borde, grieta longitudinal, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

La densidad se calcula con la siguiente fórmula: $Densidad (\%) = \frac{\text{Metrado de tipo de falla}}{\text{área total del tramo}}$. Con las densidades obtenidas se obtienen los valores deducidos. Se interpolan las densidades en los ábacos por cada falla que se muestran en el manual del método Pavement Condition Index (PCI) según el ASTM y que se mostrarán en la sección de Anexos. Luego notemos que el Valor deducido más alto (HVDi) es 26.5 y con la ecuación $mi = 1 + 9/98(100 - HVDi)$ obtenemos el número máximo de valores deducidos (mi)=7.75

El valor de 7.75 representa el total de valores deducidos de la muestra, en este caso 7, si tuviéramos 8 valores se toma el octavo valor y se multiplica por la parte decimal es decir por .75 y si el nuevo valor resulta ser mayor que 2 se toma en cuenta, caso contrario se desprecia.

Tabla 8

Cálculo de valores deducidos, muestra M04 – Tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	H	1.76				1.76	0.76	26.5
1	L	1.26				1.26	0.55	6
7	M	35.4				35.4	15.32	26.1
10	L	3				3	1.30	2.5
11	L	2.56	3.6	54.34		60.5	26.19	26
11	M	2.89				2.89	1.25	10.1
19	H	0.68	0.18	0.49	0.07	1.42	0.61	12
Total VD								109.2

Nota. En la muestra 4, se observa que el máximo valor deducido es igual a 26.5, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Posteriormente ordenamos los valores y procederemos a calcular el Valor Deducido Corregido (VDC), y al tener 7 valores se realizaran 7 iteraciones, a partir de la segunda iteración el último valor se reemplaza por 2. A continuación se muestra un esquema que demuestra el ordenamiento de datos calculados.

Tabla 9

Cálculo del índice PCI de muestra M04

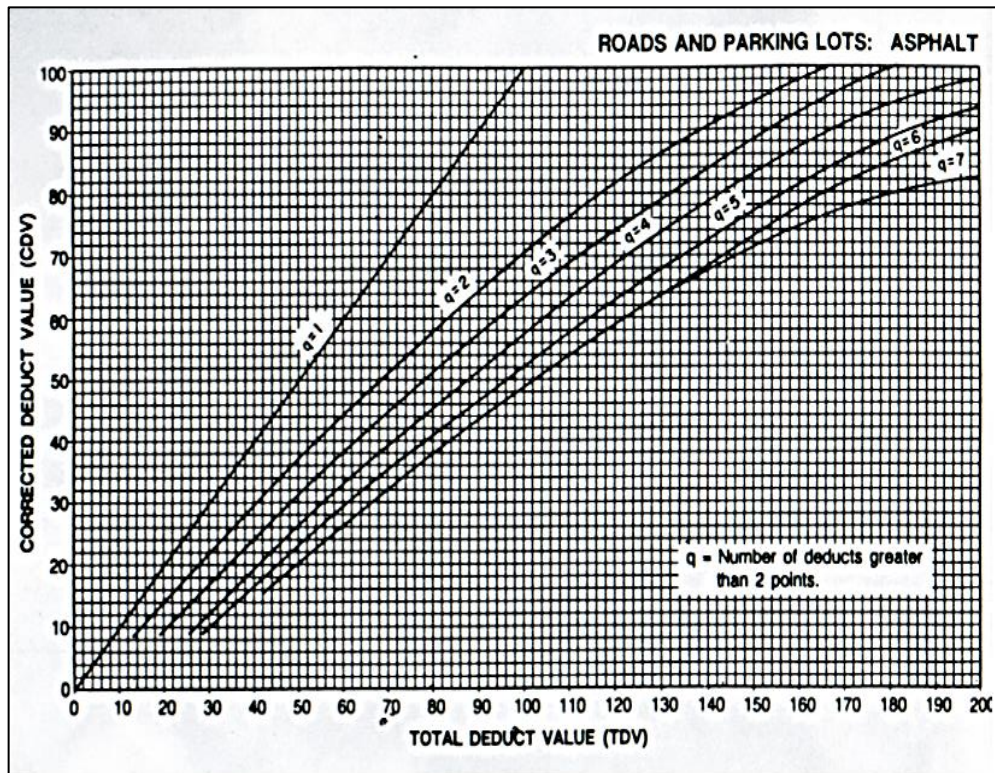
VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
26.5	26.1	26	12	10.1	6	2.5	109.2	7	54
26.5	26.1	26	12	10.1	6	2	108.7	6	53
26.5	26.1	26	12	10.1	2	2	104.7	5	54.2
26.5	26.1	26	12	2	2	2	96.6	4	55.8
26.5	26.1	26	2	2	2	2	86.6	3	55.7
26.5	26.1	2	2	2	2	2	62.6	2	46
26.5	2	2	2	2	2	2	38.5	1	38
								Máx. VDC	55.8
								PCI = 100-Máx. VDC	44.2
								CLASIFICACIÓN:	REGULAR

Nota. En la muestra 4, se determina el valor PCI de 44.2 que corresponde a una clasificación REGULAR

Para hallar el VDC, es decir el Valor Deducido Corregido, tenemos que interpolar cada valor (VDT), es decir el valor total deducido por cada iteración, con la curva correspondiente al número de iteración realizada. Para este procedimiento nos guiaremos del siguiente ábaco:

Figura 24

Ábaco para el cálculo del Valor Deducido Corregido



Nota. (Vásquez, 2002)

Por lo tanto, luego de cada interpolación se obtiene que el Máximo Valor Deducido Corregido (HVD) es igual a 55.8. Finalmente, se procede a calcular el PCI de la unidad de muestra, restando de 100 el HVD:

$$PCI = 100 - 55.8 = 44.2$$

Revisando la tabla de Clasificación del PCI mencionada en la parte teórica, se encuentra que el valor de 44.2 corresponde a una condición “Regular” para el presente tramo evaluado.

4.4 REGISTRO DE DATOS

Tabla 10

Registro de unidad de muestra M04 - tramo de subida

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 04		
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área: 231 m ²		
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza				
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 H	1.76				
1 L	1.26				
7 M	35.4				
10 L	3				
11 L	2.56	3.6	54.34		
11 M	2.89				
19 H	0.68	0.18	0.49	0.07	
ESQUEMA					

Nota. En la muestra 4 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, grieta de borde, grieta longitudinal, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 11*Registro de unidad de muestra M08 - tramo de subida*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 08	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	15/11/2023	Área: 231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 L	1.2			
3 L	2.55			
7 M	35.4			
11 L	2.56			
19 L	24.78			
19 H	0.56			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 8 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas de borde, parcheo y desprendimiento de agregados, de severidades baja, media y alta.


Tabla 12*Registro de unidad de muestra M12 - tramo de subida*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 12	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 H	2.1			
11 M	14.4	3	2.56	7.5
11 H	8.5	16.25		
13 L	1.00			
19 M	92			

ESQUEMA


Nota. En la muestra 12 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 13*Registro de unidad de muestra M16 - tramo de subida*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 16	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 L	4.20			
11 M	31.5	10.53		
19 H	10			
ESQUEMA				

Nota. En la muestra 16 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, parcheo y desprendimiento de agregados, encontrando severidades baja, media y alta.


Tabla 14*Registro de unidad de muestra M20 - tramo de subida*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 20	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 L	0.75			
1 M	1.8	0.6		
1 H	2.21			
3 L	1.6			
11 M	3.24	21.24		

ESQUEMA

Nota. En la muestra 20 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque y parcheo encontrando severidades baja, media y alta.

Tabla 15*Registro de unidad de muestra M24 - tramo de subida*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO				UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 24		
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza				
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2 L	14				
3 L	0.91				
7 M	35.4				
11 L	28.6	2.66			
11 M	6.5	15	20		
19 M	5				

ESQUEMA

Nota. En la muestra 24 se evaluaron fallas como exudación, agrietamiento en bloque, grieta de borde, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 16


Registro de unidad de muestra M28 - tramo de subida

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 28	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área: 231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13 M	1.28	1.53	1.19	
19 M	132.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 28 se evaluaron fallas como huecos y desprendimiento de agregados, considerando una severidad media.

Tabla 17*Registro de unidad de muestra M32 - tramo de subida*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 32	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7 H	5			
9 M	7			
13 L	1	1		
19 M	227.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 32 se evaluaron fallas como grieta de borde, desnivel de carril, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 18


Registro de unidad de muestra M36 - tramo de subida

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO			UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 36	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
4 M	5.6			
19 M	212.4			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 36 se evaluaron fallas como abultamientos y desprendimiento de agregados, considerando severidades medias.

Tabla 19*Registro de unidad de muestra M40 - tramo de subida*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 40	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10 M	1.5	1.7		
11 M	9.75			
19 M	212.4			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 40 se evaluaron fallas como grieta longitudinales y transversales, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades medias.

Tabla 20


Registro de unidad de muestra M44 - tramo de subida

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 44		
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 15/11/2023	Área: 231 m ²		
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza				
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10 L	10	5	4	2	
13 L	1				
19 M	212.4				

ESQUEMA

Nota. En la muestra 44 se evaluaron fallas como, grieta longitudinales y transversales, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 21*Registro de unidad de muestra M48 - tramo de subida*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO				UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 48			
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	15/11/2023	Área:	231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza					
FALLA	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10 L	10	5	3	4.5	2	
19 M	150					
19 H	24					

ESQUEMA

Nota. En la muestra 48 se evaluaron fallas como grieta longitudinales y transversales, y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 22

Registro de unidad de muestra M52 - tramo de subida

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 52	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	15/11/2023	Área: 231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11 M	5			
13 M	3.40	2.04	1.53	
19 M	162.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 52 se evaluaron fallas como parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades medias.

TRAMOS DE BAJADA

Tabla 23

Registro de unidad de muestra M04 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 04	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2 L	30.44			
7 M	35.4			
10 L	10	2.14		
11 M	2.76			
13 M	1	1		
19 L	70.00			
19 M	0.88			
ESQUEMA				

Nota. En la muestra 4 se evaluaron fallas como exudación, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 24


Registro de unidad de muestra M08 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 08	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área: 231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2 L	28.32			
10 L	3.58	3.4	2.4	2.5
19 L	212.4			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 8 se evaluaron fallas como exudación, grietas longitudinales y transversales, y desprendimiento de agregados, considerando severidades bajas.


Tabla 25*Registro de unidad de muestra M12 - tramo de bajada*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 12	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1 L	10			
11 M	4.2			
13 M	2.13	4.26		
19 H	60			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 12 se evaluaron fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 26*Registro de unidad de muestra M16 - tramo de bajada*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 16	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2 L	28.32			
10 L	10	5	3	
11 M	3.24			
13 M	1			
19 L	15			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 16 se evaluaron fallas como exudación, grietas longitudinales y transversales, parcheo, hueco y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 27


Registro de unidad de muestra M20 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 20	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7 M	35.4			
11 L	6			
11 M	65			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 20 se evaluaron fallas como grieta de borde y parcheos, considerando severidades baja y media.

Tabla 28*Registro de unidad de muestra M24 - tramo de bajada*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO				UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 24			
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	16/11/2023	Área:	231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza					
FALLA	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10 L	12	3.5	3.5			
11 M	15.6	5.2				
19 M	48.75					

ESQUEMA

Nota. En la muestra 24 se evaluaron fallas como grietas longitudinales y transversales, parcheos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 29

Registro de unidad de muestra M28 - tramo de bajada


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 28	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	16/11/2023	Área: 231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11 M	3.64			
19 M	130			
19 H	65			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 28 se evaluaron fallas como parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 30


Registro de unidad de muestra M32 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO			UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 32		
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²	
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza				
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
19 M	145.6				
19 H	84.5				

ESQUEMA

Nota. En la muestra 32 se evaluaron fallas como desprendimiento de agregados, considerando severidades media y alta.


Tabla 31*Registro de unidad de muestra M36 - tramo de bajada*

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 36	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha:	16/11/2023	Área: 231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19 M	230.1			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 36 se evaluaron fallas como desprendimiento de agregados, considerando severidad media.

Tabla 32*Registro de unidad de muestra M40 - tramo de bajada*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 40	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
9 L	20			
10 L	7			
11 L	2.89	4		
11 M	7.15			
19 M	97.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 40 se evaluaron fallas como desnivel de carril, grieta longitudinal, parcheos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 33


Registro de unidad de muestra M44 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 44	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10 L	5			
11 L	48.50			
19 M	175.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 44 se evaluaron fallas como grieta longitudinal, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

Tabla 34*Registro de unidad de muestra M48 - tramo de bajada*


MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO		 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 48	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11 L	105			
19 M	150			
19 H	7.5			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 48 se evaluaron fallas como parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

Tabla 35

Registro de unidad de muestra M52 - tramo de bajada

MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX HOJA DE REGISTRO DE CAMPO			UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Nombre de la vía:	Av. Bohemia Tacneña	Sección:	Unidad de muestra: 52	
Ejec. 1:	Diego Tapia Quispe	Fecha: 16/11/2023	Área:	231 m ²
Ejec. 2:	César A. Pinto Loayza			
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11 L	45			
19 M	115			

ESQUEMA

Nota. En la muestra 52 se evaluaron fallas como parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

4.5 CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS

Tabla 36

Cálculo de valores deducidos, muestra M04 - tramo de subida

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	H	1.76				1.76	0.76	26.5
1	L	1.26				1.26	0.55	6
7	M	35.4				35.4	15.32	26.1
10	L	3				3	1.30	2.5
11	L	2.56	3.6	54.34		60.5	26.19	26
11	M	2.89				2.89	1.25	10.1
19	H	0.68	0.18	0.49	0.07	1.42	0.61	12
Total VD								109.2

Nota. En la muestra 4, se observa que el máximo valor deducido es igual a 26.5, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 37

Cálculo de valores deducidos, muestra M08 - tramo de subida

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	L	1.2				1.2	0.52	6
3	L	2.55				2.55	1.10	0.11
7	M	35.4				35.4	15.32	26
11	L	2.56				2.56	1.11	2
19	L	24.78				24.78	10.73	5.8
19	H	0.56				0.56	0.24	10
Total VD								49.91

Nota. En la muestra 8, se observa que el máximo valor deducido es igual a 26, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 38*Cálculo de valores deducidos, muestra M12 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	H	2.1				2.1	0.91	28.2
11	M	14.4	3	2.56	7.5	27.46	11.89	32
11	H	8.5	16.25			24.75	10.71	53
13	L	1.00				1.00	0.43	12
19	M	92				92.00	39.83	32
Total VD								157.2

Nota. En la muestra 12, se observa que el máximo valor deducido es igual a 53, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 39*Cálculo de valores deducidos, muestra M16 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	L	4.20				4.20	1.82	15
11	M	31.5	10.53			42.03	18.19	38
19	H	10				10.00	4.33	29
Total VD								82

Nota. En la muestra 16, se observa que el máximo valor deducido es igual a 38, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 40*Cálculo de valores deducidos, muestra M20 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	L	0.75			0.75	0.32	5
1	M	1.8	0.6		2.40	1.04	21
1	H	2.21			2.21	0.96	28
3	L	1.6			1.60	0.69	6
11	M	3.24	21.24		24.48	10.60	32
Total VD							92

Nota. En la muestra 20, se observa que el máximo valor deducido es igual a 32, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 41*Cálculo de valores deducidos, muestra M24 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
2	L	14			14.00	6.06	1.9
3	L	0.91			0.91	0.39	0
7	M	35.4			35.40	15.32	18
11	L	28.6	2.66		31.26	13.53	39
11	M	6.5	15	20	41.50	17.97	10
19	M	5			5.00	2.16	25
Total VD							93.9

Nota. En la muestra 24, se observa que el máximo valor deducido es igual a 39, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 42*Cálculo de valores deducidos, muestra M28 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
13	M	1.28	1.53	1.19	4.00	1.73	42
19	M	132.5			132.50	57.36	46
Total VD							88

Nota. En la muestra 28, se observa que el máximo valor deducido es igual a 46, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 43*Cálculo de valores deducidos, muestra M32 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
7	H	5			5.00	2.16	20
9	M	7			7.00	3.03	8
13	L	1	1		2.00	0.87	20
19	M	227.5			227.50	98.48	42
Total VD							90

Nota. En la muestra 32, se observa que el máximo valor deducido es igual a 42, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 44*Cálculo de valores deducidos, muestra M36 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
4	M	5.6		5.60	2.42	37
19	M	212.4		212.40	91.95	42
Total VD						79

Nota. En la muestra 36, se observa que el máximo valor deducido es igual a 42, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 45*Cálculo de valores deducidos, muestra M40 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
10	M	1.5	1.7	3.20	1.39	10
11	M	9.75		9.75	4.22	23
19	M	212.4		212.40	91.95	42
Total VD						75

Nota. En la muestra 40, se observa que el máximo valor deducido es igual a 42, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 46*Cálculo de valores deducidos, muestra M44 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
10	L	10	5	4	2	21.00	9.09	16	
13	L	1				1.00	0.43	11	
19	M	212.4				212.40	91.95	42	
Total VD								69	

Nota. En la muestra 44, se observa que el máximo valor deducido es igual a 42, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 47*Cálculo de valores deducidos, muestra M48 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
10	L	10	5	3	4.5	2	24.50	10.61	18
19	M	150					150.00	64.94	36
19	H	24					24.00	10.39	40
Total VD								94	

Nota. En la muestra 48, se observa que el máximo valor deducido es igual a 40, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 48*Cálculo de valores deducidos, muestra M52 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
11	M	5			5.00	2.16	14
13	M	3.40	2.04	1.53	162.50	70.35	48
19	M	162.5			6.98	3.02	58
Total VD							120

Nota. En la muestra 52, se observa que el máximo valor deducido es igual a 58, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

TRAMOS DE BAJADA**Tabla 49***Cálculo de valores deducidos, muestra M04 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
2	L	30.44			30.44	13.18	4
7	M	35.4			35.40	15.32	26
10	L	10	2.14		12.14	5.26	12
11	M	2.76			2.76	1.20	10
13	M	1	1		2.00	0.87	28
19	L	70.00			70.00	30.30	10
19	M	0.88			0.88	0.38	6
Total VD							96

Nota. En la muestra 4, se observa que el máximo valor deducido es igual a 28, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 50*Cálculo de valores deducidos, muestra M08 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
2	L	28.32				28.32	12.26	4
10	L	3.58	3.4	2.4	2.5	11.88	5.14	10
19	L	212.4				212.4	91.95	16
Total VD								30

Nota. En la muestra 8, se observa que el máximo valor deducido es igual a 16, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 51*Cálculo de valores deducidos, muestra M12 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	L	10			10	4.33	24
11	M	4.2			4.2	1.82	13
13	M	2.13	4.26		6.38	2.76	50
19	H	60			60	25.97	58
Total VD							145

Nota. En la muestra 12, se observa que el máximo valor deducido es igual a 58, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 52*Cálculo de valores deducidos, muestra M16 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
2	L	28.32			28.32	12.26	4
10	L	10	5	3	18.00	7.79	14
11	M	3.24			3.24	1.40	11
13	M	1			1.00	0.43	20
19	L	15			15.00	6.49	13
Total VD							62

Nota. En la muestra 16, se observa que el máximo valor deducido es igual a 20, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 53*Cálculo de valores deducidos, muestra M20 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
7	M	35.4			35.40	15.32	26
11	L	6			6.00	2.60	6
11	M	65			65.00	28.14	46
Total VD							78

Nota. En la muestra 20, se observa que el máximo valor deducido es igual a 46, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 54*Cálculo de valores deducidos, muestra M24 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
10	L	12	3.5	3.5	19.00	8.23	10
11	M	15.6	5.2		20.80	9.00	32
19	M	48.75			48.75	21.10	26
Total VD							68

Nota. En la muestra 24, se observa que el máximo valor deducido es igual a 32, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 55*Cálculo de valores deducidos, muestra M28 - tramo de subida*

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
11	M	3.64			3.64	1.58	18
19	M	130			130.00	56.28	34
19	H	65			65.00	28.14	60
Total VD							112

Nota. En la muestra 28, se observa que el máximo valor deducido es igual a 60, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 56*Cálculo de valores deducidos, muestra M32 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
19	M	145.6	145.60	63.03	37
19	H	84.5	84.50	36.58	63
Total VD					100

Nota. En la muestra 32, se observa que el máximo valor deducido es igual a 63, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 57*Cálculo de valores deducidos, muestra M36 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
19	M	231	231	100.00	44
Total VD					44

Nota. En la muestra 36, se observa que el máximo valor deducido es igual a 44, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 58*Cálculo de valores deducidos, muestra M40 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
9	L	20	20.00	8.66	11
10	L	7	7.00	3.03	8
11	L	2.89 4	6.89	2.98	7
11	M	7.15	7.15	3.10	18
19	M	97.5	97.50	42.21	32
Total VD					76

Nota. En la muestra 40, se observa que el máximo valor deducido es igual a 32, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 59*Cálculo de valores deducidos, muestra M44 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
10	L	5	5.00	2.16	5
11	L	48.50	48.50	20.99	18
19	M	175.5	175.50	75.97	40
Total VD					63

Nota. En la muestra 44, se observa que el máximo valor deducido es igual a 40, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 60*Cálculo de valores deducidos, muestra M48 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
11	L	105	105.00	45.45	18
19	M	150	150.00	64.94	36
19	H	7.5	7.50	3.25	25
Total VD					79

Nota. En la muestra 48, se observa que el máximo valor deducido es igual a 36, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

Tabla 61*Cálculo de valores deducidos, muestra M52 - tramo de bajada*

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
11	L	45	45.00	19.48	17.5
19	M	115	115.00	49.78	23
Total VD					40.5

Nota. En la muestra 52, se observa que el máximo valor deducido es igual a 23, para obtener el número máximo admisible de valores deducidos (m).

4.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PCI

Tabla 62

Cálculo del índice PCI de muestra M04 - tramo de subida

VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
26.5	26.1	26	12	10.1	6	2.5	109.2	7	54
26.5	26.1	26	12	10.1	6	2	108.7	6	53
26.5	26.1	26	12	10.1	2	2	104.7	5	54.2
26.5	26.1	26	12	2	2	2	96.6	4	55.8
26.5	26.1	26	2	2	2	2	86.6	3	55.7
26.5	26.1	2	2	2	2	2	62.6	2	46
26.5	2	2	2	2	2	2	38.5	1	38
								Máx. VDC	55.8
								PCI = 100-Máx. VDC	44.2
								CLASIFICACIÓN:	REGULAR

Nota. En la muestra 4, se determina el valor PCI de 44.2 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 63

Cálculo del índice PCI de muestra M08 - tramo de subida

VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
26	10	6	5.8	47.8	4	30
26	10	6	2	44	3	27
26	10	2	2	40	2	30
26	2	2	2	32	1	32.1
					Máx. VDC	32.1
					PCI = 100-Máx. VDC	67.9
					CLASIFICACIÓN:	BUENO

Nota. En la muestra 8, se determina el valor PCI de 67.9 que corresponde a una clasificación BUENO

Tabla 64*Cálculo del índice PCI de muestra M12 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
53	32	32	28.2	12	157.2	5	80
53	32	32	32	2	147.2	4	82
53	32	32	2	2	121	3	76
53	43	2	2	2	91	2	66
53	2	2	2	2	61	1	61
Máx. VDC							82
PCI= 100-Máx. VDC							18
CLASIFICACIÓN:							MUY MALO

Nota. En la muestra 12, se determina el valor PCI de 18 que corresponde a una clasificación MUY MALO

Tabla 65*Cálculo del índice PCI de muestra M16 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
38	29	15		82	3	53
38	29	2		69	2	50
38	2	2		42	1	44
Máx. VDC						53
PCI = 100-Máx. VDC						47
CLASIFICACIÓN:						REGULAR

Nota. En la muestra 16, se determina el valor PCI de 47 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 66*Cálculo del índice PCI de muestra M20 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
32	28	21	6	5	92	5	48
32	28	21	6	2	89	4	51
32	28	21	2	2	85	3	55
32	28	2	2	2	66	2	48.2
32	2	2	2	2	40	1	40
						Máx. VDC	55
						PCI = 100-Máx. VDC	45
						CLASIFICACIÓN:	REGULAR

Nota. En la muestra 20, se determina el valor PCI de 45 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 67*Cálculo del índice PCI de muestra M24 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
39	25	18	10		92	4	53
39	25	18	2		84	3	54
39	25	2	2		68	2	50
39	2	2	2		45	1	45
						Máx. VDC	54
						PCI = 100-Máx. VDC	46
						CLASIFICACIÓN:	REGULAR

Nota. En la muestra 24, se determina el valor PCI de 46 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 68*Cálculo del índice PCI de muestra M28 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
46	42	88	2	63
46	2	48	1	48
Máx. VDC				63
PCI = 100-Máx. VDC				37
CLASIFICACIÓN:				MALO

Nota. En la muestra 28, se determina el valor PCI de 37 que corresponde a una clasificación MALO

Tabla 69*Cálculo del índice PCI de muestra M32 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
42	20	20	8	90	4	52
42	20	20	2	84	3	54
42	20	2	2	66	2	48
42	2	2	2	48	1	48
Máx. VDC						54
PCI = 100-Máx. VDC						46
CLASIFICACIÓN:						REGULAR

Nota. En la muestra 32, se determina el valor PCI de 46 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 70*Cálculo del índice PCI de muestra M36 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
42	37	79	2	57
42	2	44	1	44
Máx. VDC				57
PCI = 100-Máx. VDC				43
CLASIFICACIÓN:				REGULAR

Nota. En la muestra 36, se determina el valor PCI de 43 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 71*Cálculo del índice PCI de muestra M40 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
42	23	10	75	3	48
42	23	2	67	2	49
42	2	2	46	1	46
Máx. VDC					49
PCI = 100-Máx. VDC					51
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 40, se determina el valor PCI de 51 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 72*Cálculo del índice PCI de muestra M44 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
42	16	11	69	3	44
42	16	2	60	2	45
42	2	2	46	1	46
Máx. VDC					46
PCI = 100-Máx. VDC					54
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 44, se determina el valor PCI de 54 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 73*Cálculo del índice PCI de muestra M48 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
40	36	18	94	3	60
40	36	2	78	2	56
40	2	2	44	1	44
Máx. VDC					60
PCI = 100-Máx. VDC					40
CLASIFICACIÓN:					MALO

Nota. En la muestra 48, se determina el valor PCI de 40 que corresponde a una clasificación MALO

Tabla 74*Cálculo del índice PCI de muestra M52 - tramo de subida*

VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
58	48	14					120	3	74
58	48	2					108	2	76
58	2	2					62	1	62
Máx. VDC									76
PCI=100-Máx.VDC									24
CLASIFICACIÓN:									MUY MALO

Nota. En la muestra 52, se determina el valor PCI de 24 que corresponde a una clasificación MUY MALO

TRAMOS DE BAJADA**Tabla 75***Cálculo del índice PCI de muestra M04 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
28	26	12	10	10	6	4	96	7	47
28	26	12	10	10	6	2	94	6	46
28	26	12	10	10	2	2	90	5	47
28	26	12	10	2	2	2	82	4	46.5
28	26	12	2	2	2	2	74	3	48
28	26	2	2	2	2	2	64	2	46
28	2	2	2	2	2	2	40	1	40
Máx. VDC									48
PCI = 100-Máx. VDC									52
CLASIFICACIÓN:									REGULAR

Nota. En la muestra 4, se determina el valor PCI de 52 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 76*Cálculo del índice PCI de muestra M08 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
16	10	4		30	3	18
16	10	2		28	2	21
16	2	2		20	1	20
Máx. VDC						21
PCI=100-Máx.VDC						79
CLASIFICACIÓN:						MUY BUENO

Nota. En la muestra 8, se determina el valor PCI de 79 que corresponde a una clasificación MUY BUENO

Tabla 77*Cálculo del índice PCI de muestra M12 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
58	50	24	13	145	4	81
58	50	24	2	134	3	80
58	50	2	2	112	2	78
58	2	2	2	64	1	64
Máx. VDC						81
PCI= 100-Máx. VDC						19
CLASIFICACIÓN:						MUY MALO

Nota. En la muestra 12, se determina el valor PCI de 19 que corresponde a una clasificación MUY MALO

Tabla 78*Cálculo del índice PCI de muestra M16 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
20	14	13	11	4	62	5	31
20	14	13	11	2	60	4	40
20	14	13	2	2	51	3	32
20	14	2	2	2	40	2	30
20	2	2	2	2	28	1	28
Máx. VDC							40
PCI = 100-Máx. VDC							60
CLASIFICACIÓN:							BUENO

Nota. En la muestra 16, se determina el valor PCI de 60 que corresponde a una clasificación BUENO

Tabla 79*Cálculo del índice PCI de muestra M20 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
46	26	6	78	3	51
46	26	2	74	2	54
46	2	2	50	1	50
Máx. VDC					54
PCI = 100-Máx. VDC					46
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 20, se determina el valor PCI de 46 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 80*Cálculo del índice PCI de muestra M24 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
32	26	10	68	3	44
32	26	2	60	2	45
32	2	2	36	1	36
Máx. VDC					45
PCI = 100-Máx. VDC					55
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 24, se determina el valor PCI de 55 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 81*Cálculo del índice PCI de muestra M28 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
60	34	18	112	3	70
60	34	2	96	2	68
60	2	2	64	1	64
Máx. VDC					70
PCI = 100-Máx. VDC					30
CLASIFICACIÓN:					MALO

Nota. En la muestra 28, se determina el valor PCI de 30 que corresponde a una clasificación MALO

Tabla 82*Cálculo del índice PCI de muestra M32 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
63	37	100	2	71
63	2	65	1	65
Máx. VDC				71
PCI = 100-Máx. VDC				29
CLASIFICACIÓN:				MALO

Nota. En la muestra 32, se determina el valor PCI de 29 que corresponde a una clasificación MALO

Tabla 83*Cálculo del índice PCI de muestra M36 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
44		44	1	44
Máx. VDC				44
PCI = 100-Máx. VDC				56
CLASIFICACIÓN:				BUENO

Nota. En la muestra 36, se determina el valor PCI de 56 que corresponde a una clasificación BUENO

Tabla 84*Cálculo del índice PCI de muestra M40 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
32	18	11	8	7	76	5	39
32	18	11	8	2	71	4	41
32	18	11	2	2	65	3	42
32	18	2	2	2	56	2	42
32	2	2	2	2	40	1	40
Máx. VDC							42
PCI = 100-Máx. VDC							58
CLASIFICACIÓN:							BUENO

Nota. En la muestra 40, se determina el valor PCI de 58 que corresponde a una clasificación BUENO

Tabla 85*Cálculo del índice PCI de muestra M44 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
40	18	5	63	3	41
40	18	2	60	2	45
40	2	2	44	1	44
Máx. VDC					45
PCI = 100-Máx. VDC					55
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 44, se determina el valor PCI de 55 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 86*Cálculo del índice PCI de muestra M48 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
36	25	18	79	3	51
36	25	2	63	2	47
36	2	2	40	1	40
Máx. VDC					51
PCI = 100-Máx. VDC					49
CLASIFICACIÓN:					REGULAR

Nota. En la muestra 48, se determina el valor PCI de 49 que corresponde a una clasificación REGULAR

Tabla 87*Cálculo del índice PCI de muestra M52 - tramo de bajada*

VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
23	17.5	40.5	2	31
23	2	25	1	25
Máx. VDC				31
PCI=100-Máx.VDC				69
CLASIFICACIÓN:				BUENO

Nota. En la muestra 52, se determina el valor PCI de 69 que corresponde a una clasificación BUENO

4.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ÍNDICE PCI

Para determinar el estado del pavimento de todo el tramo de estudio, se requiere realizar el proceso de cálculo de PCI a cada uno de los tramos de muestreo, dicha información se presenta a continuación, dividida en los tramos de subida y bajada.

Tabla 88

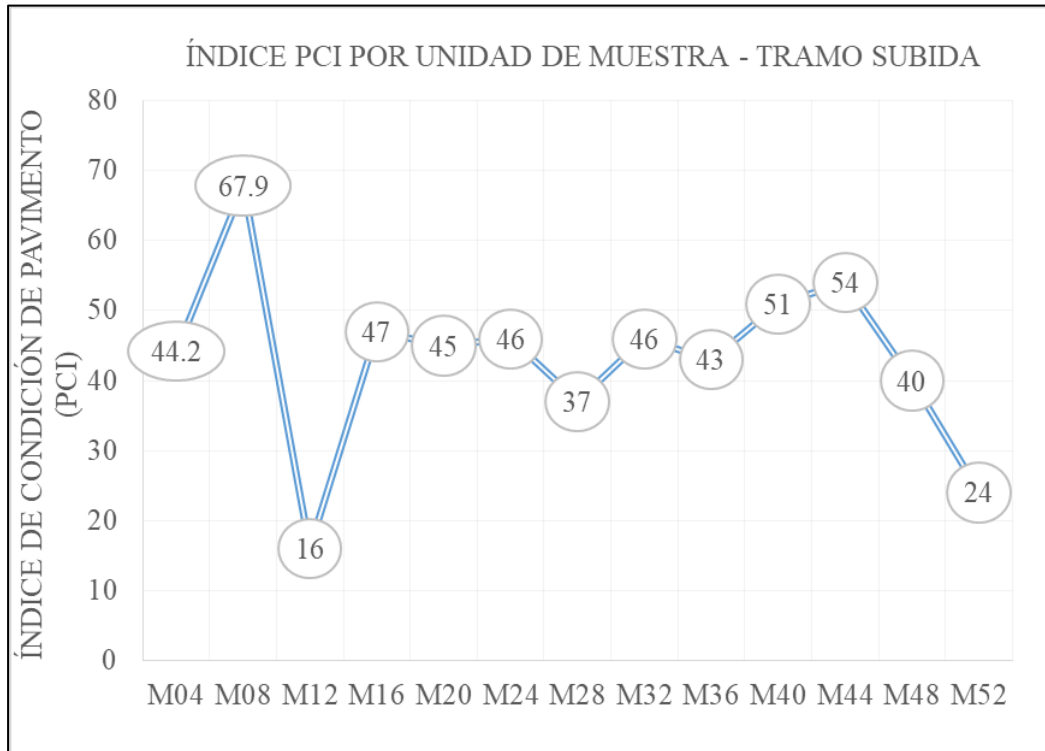
Resumen de valores PCI por Unidades de Muestra – Tramo Subida

AV. BOHEMIA TACNEÑA – TRAMO DE SUBIDA					
Muestra	Progresiva Inicial (Km)	Progresiva Final (Km)	Longitud (m)	PCI	Estado
M04	0+105.00	0+140.00	35.00	44.2	REGULAR
M08	0+245.00	0+280.00	35.00	67.9	BUENO
M12	0+385.00	0+420.00	35.00	16	MUY MALO
M16	0+525.00	0+560.00	35.00	47	REGULAR
M20	0+665.00	0+700.00	35.00	45	REGULAR
M24	0+805.00	0+840.00	35.00	46	REGULAR
M28	0+945.00	0+980.00	35.00	37	MALO
M32	1+085.00	1+120.00	35.00	46	REGULAR
M36	1+225.00	1+260.00	35.00	43	REGULAR
M40	1+365.00	1+400.00	35.00	51	REGULAR
M44	1+505.00	1+540.00	35.00	54	REGULAR
M48	1+645.00	1+680.00	35.00	40	MALO
M52	1+785.00	1+820.00	35.00	24	MUY MALO
PROMEDIO				43.16	REGULAR

Nota. Valores del PCI por tramo evaluado y el valor PCI promedio igual a 43.16 correspondiente a una calificación REGULAR

Figura 25

Valores del PCI por Unidad de Muestra Tramo Subida



Nota. En la figura se verifica la variación de los valores PCI en el tramo de subida.

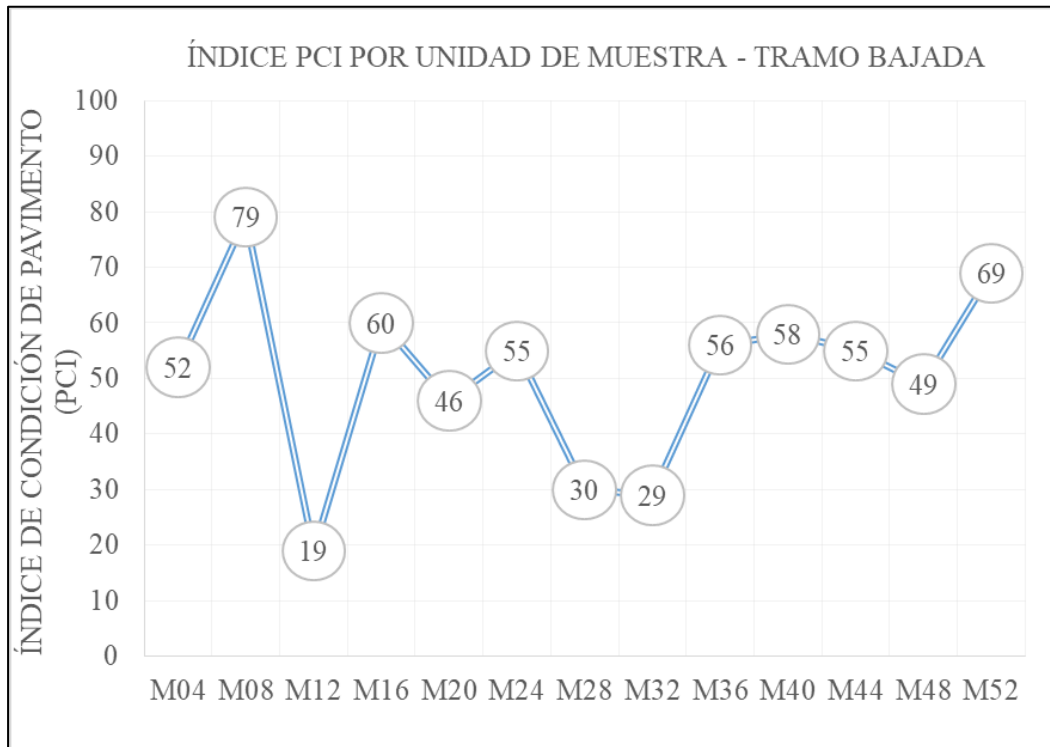
Tabla 89*Resumen de valores PCI por Unidades de Muestra – Tramo Bajada*

AV. BOHEMIA TACNEÑA – TRAMO DE BAJADA					
Muestra	Progresiva Inicial (Km)	Progresiva Final (Km)	Longitud (m)	PCI	Estado
M04	0+105.00	0+140.00	35.00	52	REGULAR
M08	0+245.00	0+280.00	35.00	79	MUY BUENO
M12	0+385.00	0+420.00	35.00	19	MUY MALO
M16	0+525.00	0+560.00	35.00	60	BUENO
M20	0+665.00	0+700.00	35.00	46	REGULAR
M24	0+805.00	0+840.00	35.00	55	REGULAR
M28	0+945.00	0+980.00	35.00	30	MALO
M32	1+085.00	1+120.00	35.00	29	MALO
M36	1+225.00	1+260.00	35.00	56	BUENO
M40	1+365.00	1+400.00	35.00	58	BUENO
M44	1+505.00	1+540.00	35.00	55	REGULAR
M48	1+645.00	1+680.00	35.00	49	REGULAR
M52	1+785.00	1+820.00	35.00	69	BUENO
PROMEDIO				50.53	REGULAR

Nota. Valores del PCI por tramo evaluado y el valor PCI promedio igual a 50.53 correspondiente a una calificación REGULAR

Figura 26

Valores del PCI por Unidad de Muestra Tramo Bajada



Nota. En la figura se verifica la variación de los valores PCI en el tramo de bajada.

4.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Después de analizar los datos registrados se identificaron que ciertas muestras se encontraban en una condición peor que las demás en general, y que las fallas encontradas en su mayoría fueron de piel de cocodrilo, parcheos, baches, y gran cantidad de desprendimiento de agregados en la parte final. Luego, al calcular el valor PCI de la Avenida Bohemia Tacneña a lo largo de 1.82 Km de longitud de pavimento flexible, se determinó que para el tramo de subida se obtuvo un valor promedio del índice PCI de 43.16 que resultaría en una condición “REGULAR”, de la misma forma se analizó y calculó el índice promedio de las fallas encontradas para el tramo de bajada obteniéndose un valor PCI de 50.53 que representa igualmente una condición “REGULAR”. En resumen el promedio de ambas vías corresponden a un valor PCI promedio de 46.85 clasificado como una condición “REGULAR” en la situación actual. Esta condición del pavimento flexible correspondería a una rehabilitación de la zona de estudio a nivel de la capa de rodadura.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El método Pavement Condition Index (PCI) ha permitido evaluar de manera exhaustiva el estado de conservación del pavimento flexible en el tramo especificado de la Av. Bohemia Tacneña. Los resultados obtenidos han proporcionado una evaluación cuantitativa y detallada de las condiciones del pavimento, identificando áreas con diferentes niveles de deterioro y definiendo las prioridades de mantenimiento y rehabilitación necesarias para mejorar la calidad de la infraestructura vial, siendo que el estado del mismo se clasificó como “REGULAR”.
- El uso del método de Pavement Condition Index (PCI) ha sido fundamental para evaluar de manera precisa y sistemática el estado de conservación superficial del pavimento flexible en el área de estudio. Al aplicar este método, hemos podido obtener una medida cuantitativa del estado general del pavimento, considerando diversos parámetros como grietas, deformaciones, irregularidades y otros defectos superficiales.

- Se identificaron las fallas existentes y se encontraron, para ambos carriles, que en su mayoría resultaron ser de piel de cocodrilo, baches, parcheos, fisuras longitudinales y grietas de borde, todas las cuales fueron registradas y clasificadas según el manual del método PCI.
- Se analizó el estado de condición del pavimento flexible y resultó “REGULAR”, con un valor del índice PCI de 46.85. Este resultado significa que el pavimento flexible en cuestión necesita de una acción de mantenimiento y en este de una rehabilitación al nivel de la carpeta asfáltica.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital Crnel. Gregorio Albarracín Lanchipa que, dado que el estado del pavimento se ha clasificado como "REGULAR" según el PCI, es fundamental implementar un plan de mantenimiento preventivo que aborde las áreas identificadas con niveles de deterioro y prioridades de rehabilitación.
- Dado el valor del método PCI para evaluar el estado de conservación superficial del pavimento flexible, se recomienda a la Municipalidad Distrital Crnel. Gregorio Albarracín Lanchipa incorporar este enfoque como parte integral de la gestión de activos viales, esto permitirá obtener datos continuos sobre el desempeño del pavimento y detectar cualquier deterioro temprano, lo que

facilitará la planificación y programación de actividades de mantenimiento preventivo.

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital Crnel. Gregorio Albarracín Lanchipa priorizar las acciones de mantenimiento según la gravedad y la extensión de las fallas, centrándose en aquellas áreas que presenten un mayor riesgo para la seguridad vial y que puedan provocar un deterioro acelerado del pavimento.
- Dado que el índice PCI indica la necesidad de una acción de mantenimiento y rehabilitación al nivel de la carpeta asfáltica, se recomienda a la Municipalidad Distrital Crnel. Gregorio Albarracín Lanchipa desarrollar un plan detallado que aborde estas necesidades de manera efectiva. Es fundamental asignar recursos adecuados para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo necesarias para mejorar el estado del pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Adeke, P., Ato, A. y Orga, S. (2019). *Evaluación del índice de condición del pavimento: un caso de pavimentos de carreteras flexibles en el campus Makurdi de la Universidad de Agricultura*. Nigerian Journal of Technology, Vol 38 (1), pp. 15-21. DOI: 10.4314 / njt.v38i1.3
- Adlinge, S. S., & Gupta, A. K. (2013). Pavement deterioration and its causes. International Journal of Innovative Research and Development, 2(4), 437-450
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, (1993). *AASHTO: Guidelines for Pavement Management System*. Washington D.C.: Autor
- American Society for Testing and Materials, ASTM D 6433-07, (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. United States: Autor
- Arabani, M., Sasanian, S., Farmand, Y. y Pirouz, M. (2017). *Rough-Set Theory in Solving Road Pavement Management Problems (Case study: Ahwaz-Shush Highway)*. Computational Research Progress in Applied Science & Engineering, Vol. 3 (2), pp. 62-70, ISSN: 2423-4591

Braga, A. y Cygas, D. (2002) *Adaptation of pavement deterioration models to Lithuanian automobile roads*, *J. Civ. Eng. Manag.* Vol. 3 (3) pp. 214–220, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13923730.2002.10531279>

Choque, J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el Manual de Conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo EMP.PE-3S - Atuncolla, 2017*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano) Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9908>

Flintsch, G. W. y Fernández, W. (2015). *Comparación de los costos del ciclo de vida de tres alternativas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos*. *Revista Vial*. Recuperado de: <http://revistavial.com/comparacion-de-los-costos-del-ciclo-de-vida-de-tres-alternativas-de-mantenimiento-y-rehabilitacion-de-pavimentos/>

Galehouse, L., Moulthrop, J. S., y Hicks, R. G. (2003). *Principles for Pavement Preservations: Definitions, Benefits, Issues and Barriers*. *TR News*, 228, pp. 4-9

Google Maps, (2023). *Av. Bohemia Tacneña, tramo: Óvalo La Cultura – Óvalo Tarapacá, Tacna*. Recuperado 15 de octubre, 2023, de:

google.com.pe/maps/@-18.044585,
70.2569926,2162m/data=!3m1!1e3?entry=ttu

Haas, R. (1994) *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Company, Malabar: Florida.

Hafizyar, Rustam y Mosaberpanah, Mohammad. (2018). *Evaluation of Flexible Road Pavement Condition Index and Life Cycle Cost Analysis of Pavement Maintenance: A Case Study in Kabul Afghanistan-* International Journal of Scientific and Engineering Research. 9. 1909.

Hajj, E., Loria, L., Sebaaly, P., Borroel, C., y Leiva, P. (2011). *Optimum Time for Application of Slurry Seal to Asphalt Concrete Pavements*. Paper No. 11-4071, DOI: <https://doi.org/10.3141/2235-08>

Hall, J. W., Grau, R. W., Grogan, W. P., y Hachiya, Y. (1992). *Performance indications from army airfield pavement management program, Pavement Management Implementation*. ASTM, STP 1121, pp. 297-317.

Hilliquín, M. L. (2016) *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016* (Tesis de pregrado, Universidad Privada de

Tacna) Recuperada de
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/157/Hilliquin-Bra%C3%B1ez-Mariana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Karim, F. M. A., Rubasi, K. A. H., & Saleh, A. A. (2016). *The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen*. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 8(1), 1446-1455, DOI: <https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0008>

Medina, A. y De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesina de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas) Recuperada de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Leguía, P. B. y Pacheco, H. F. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* (Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres) Recuperada de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/2311>

- Miranda, R. (2010). *Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile.
- Paterson, W. D. O. (1990). *Road Deterioration and Maintenance Effects*. The World Bank, Maryland.
- Rodríguez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. (Tesis de pregrado, Universidad de Piura) Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf
- Sabaruddin, S. y Rabial, A. (2018). *Application of Pavement Condition Index (PCI) on The Assessment of The Kalumata – Fitu Highway Section of Southern of Ternate City*. Proceedings of the International Conference on Science and Technology (ICST 2018), DOI: <https://doi.org/10.2991/icst-18.2018.76>
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots*. New York: Chapman & Hall
- Tacza, E. B. y Rodríguez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Universidad Peruana de

Ciencias Aplicadas (UPC). Lima, Perú, DOI: <http://doi.org/10.19083/tesis/624556>

Vásquez, L. (2002) *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

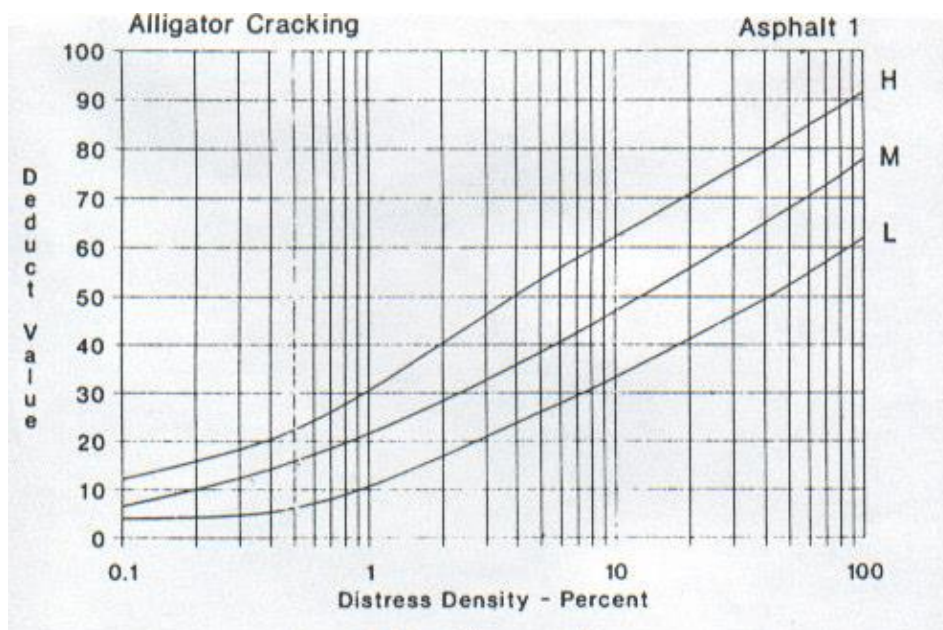
ANEXOS

ANEXO 01: ÁBACOS DE LAS CURVAS PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO Y EL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

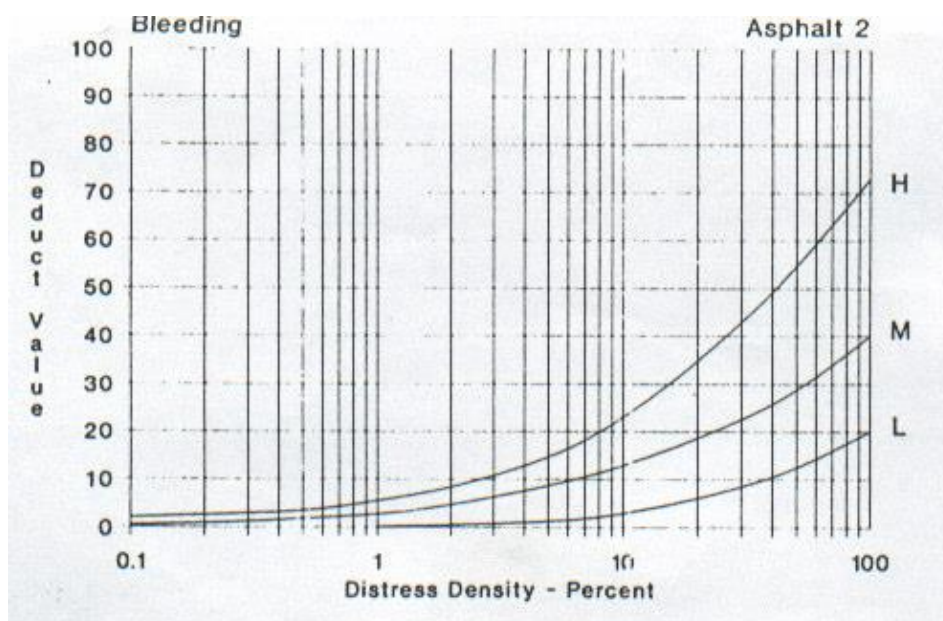
ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 01: ÁBACOS DE LAS CURVAS PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO Y EL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

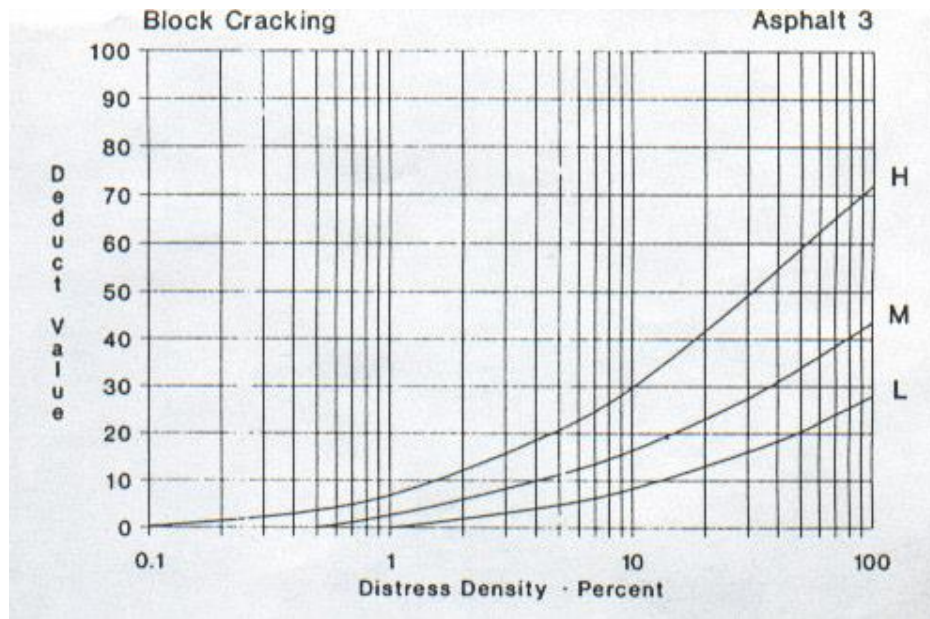
Piel de cocodrilo



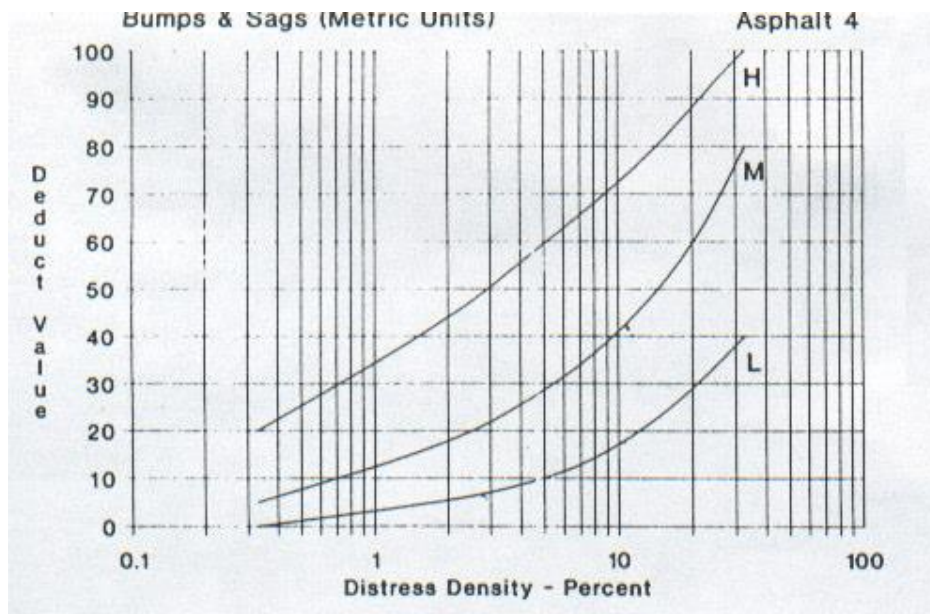
Exudación



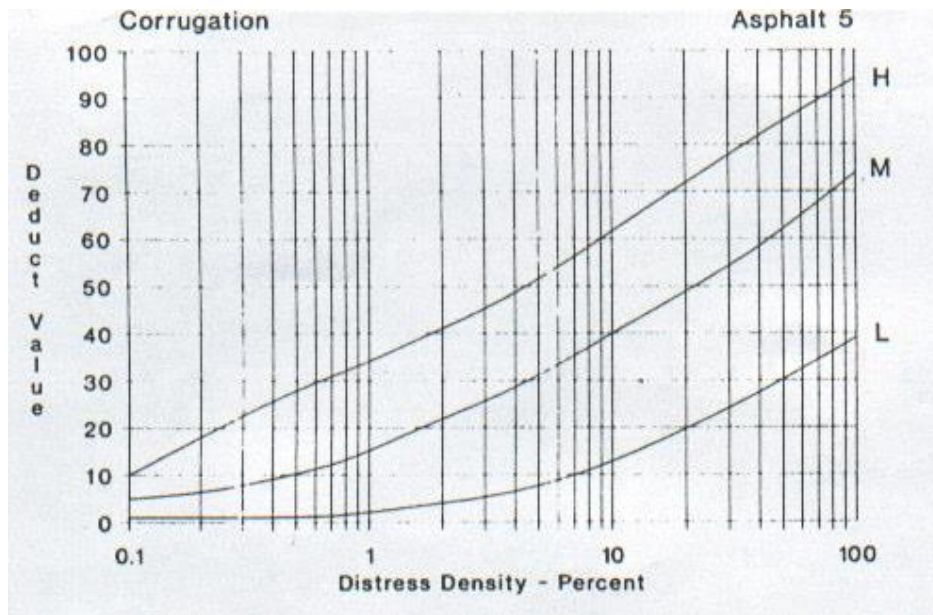
Agrietamiento en bloque



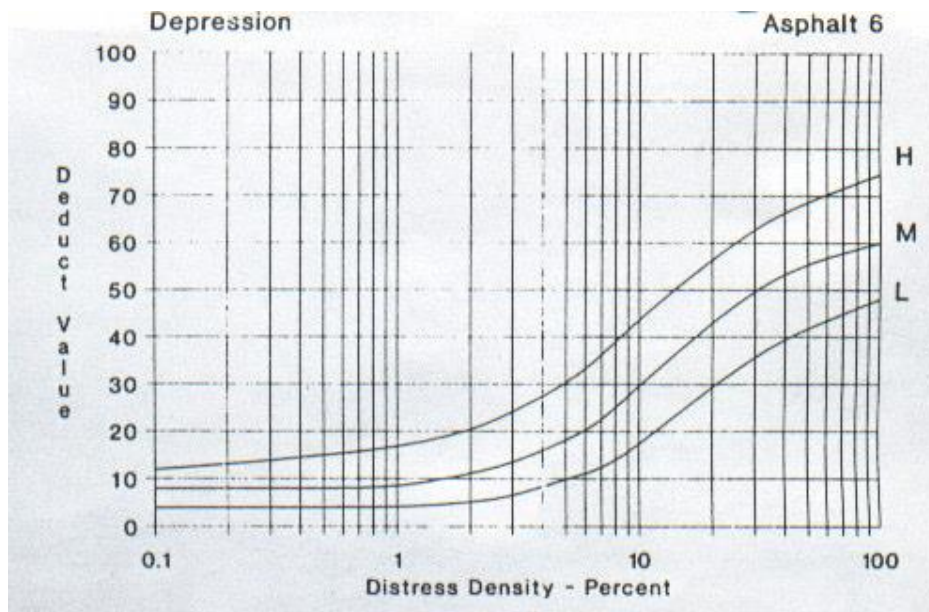
Abultamientos y hundimientos



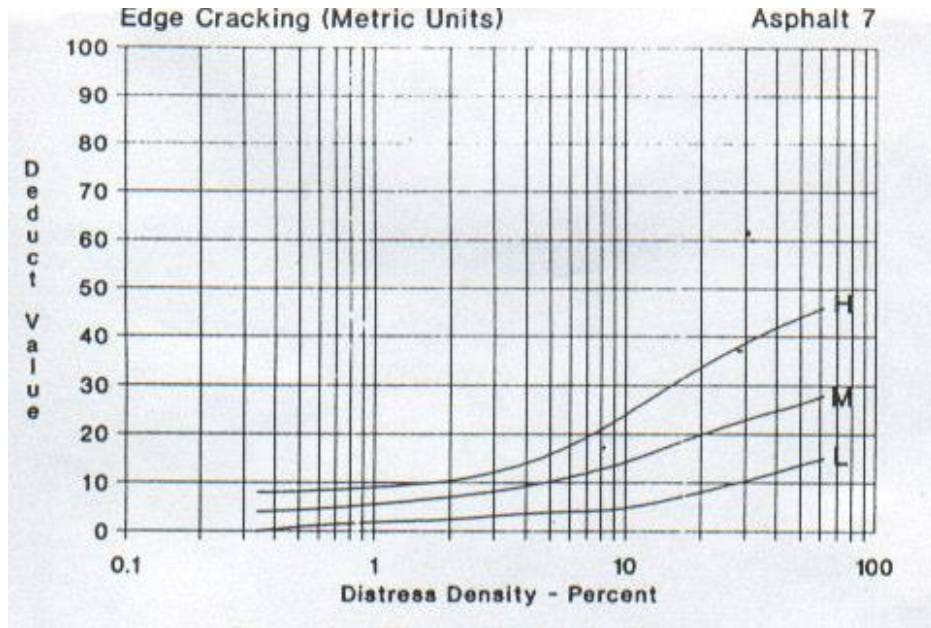
Corrugación



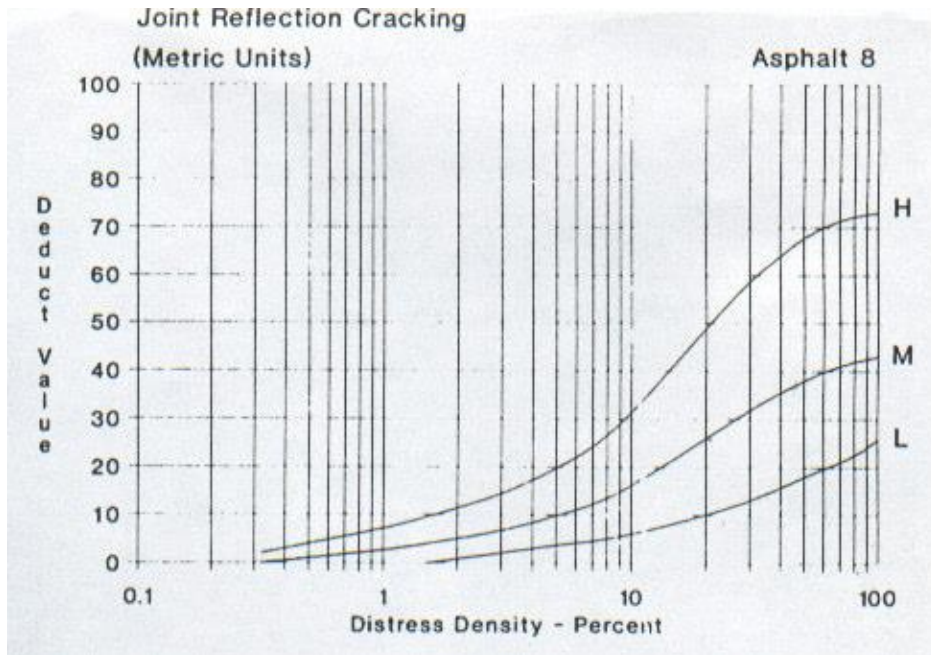
Depresión



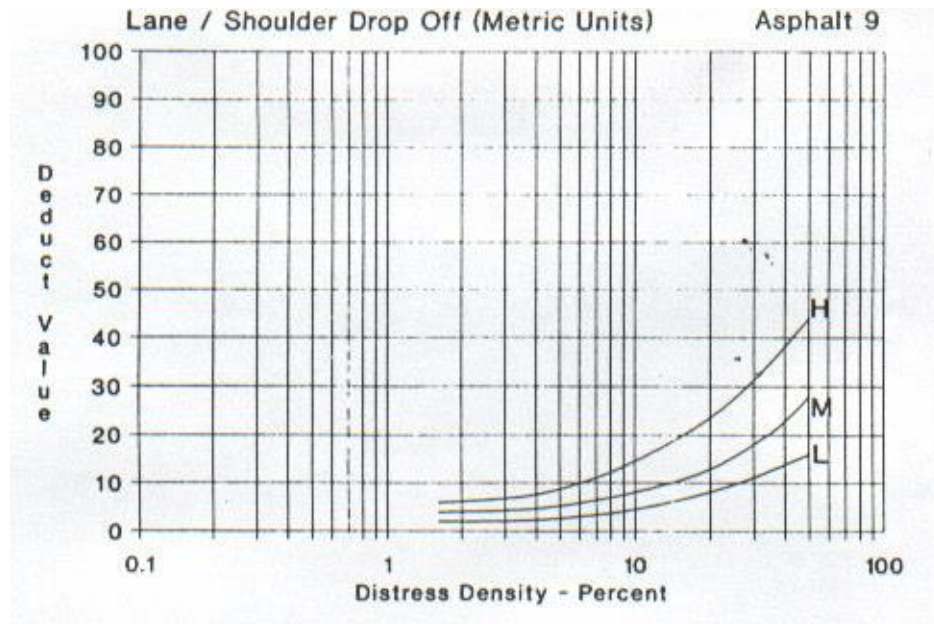
Grieta de borde



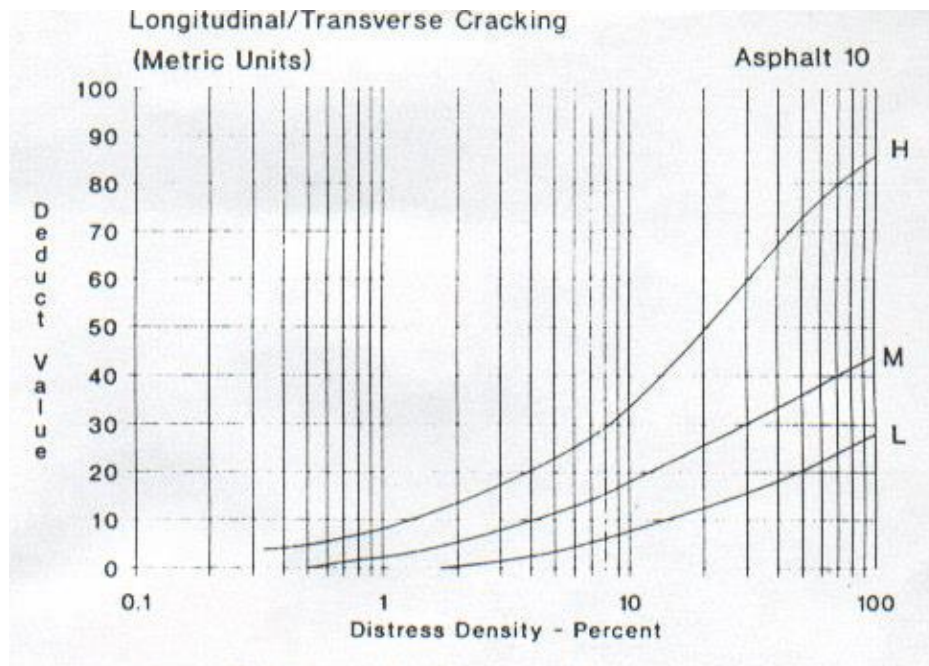
Grieta de reflexión de junta



Desnivel Carril/Berma



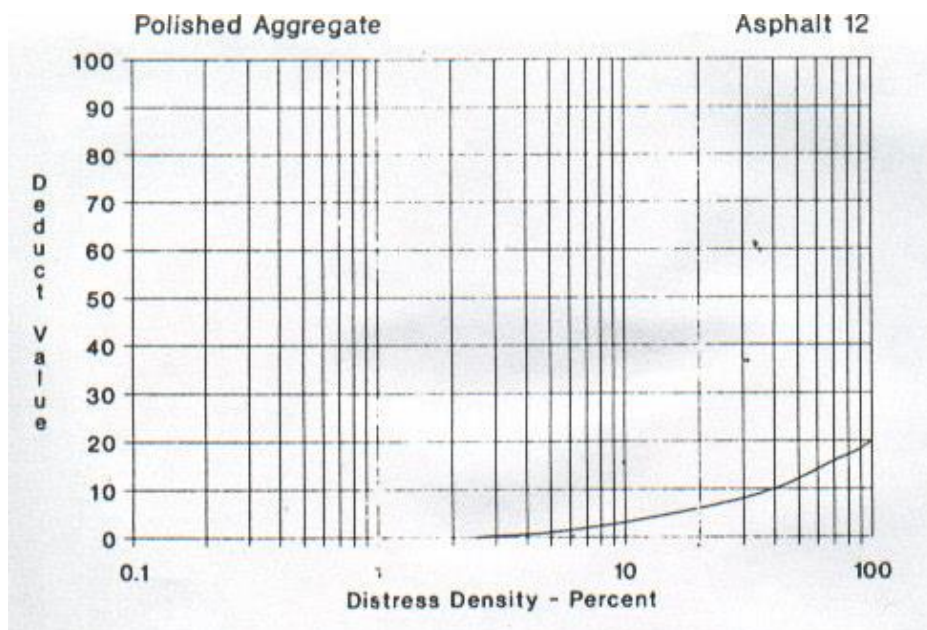
Grietas longitudinales y transversales



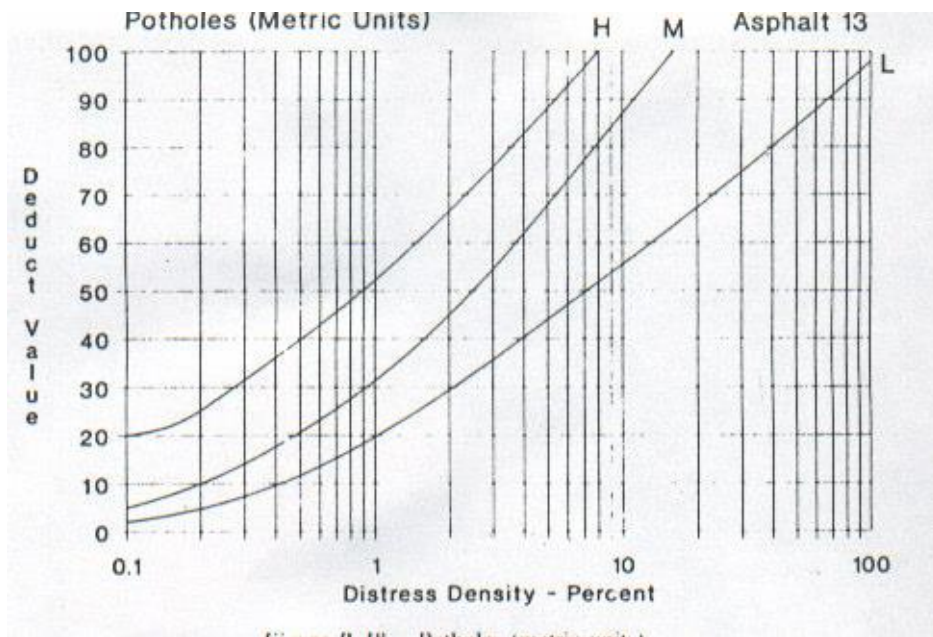
Parqueo y acometidas de servicios públicos



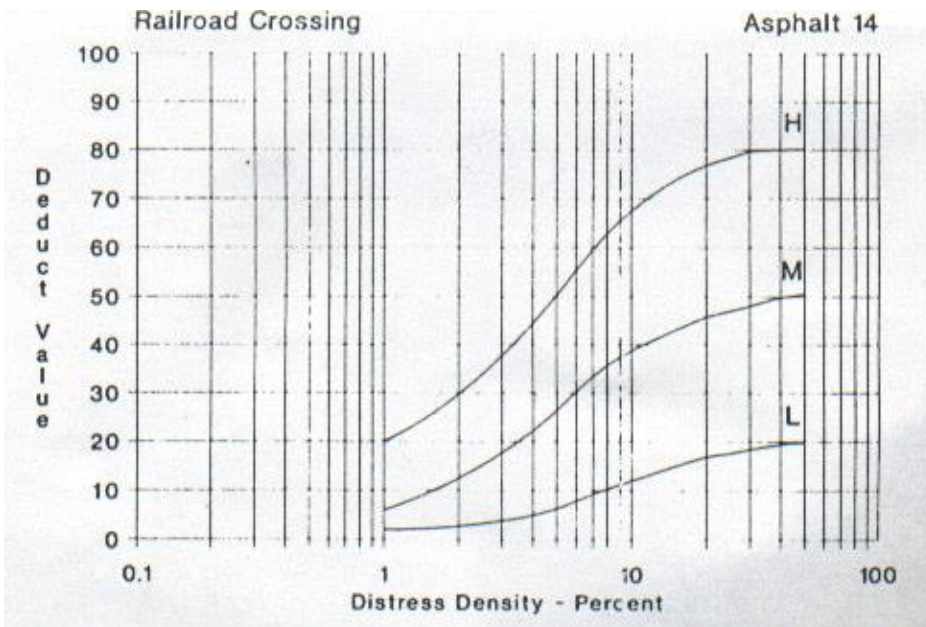
Pulimento de agregados



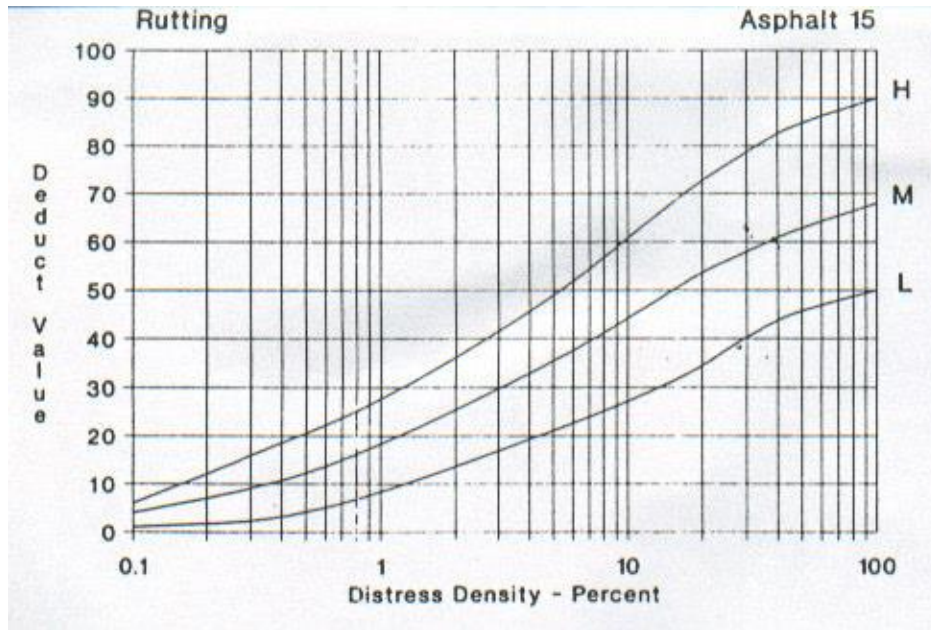
Huecos



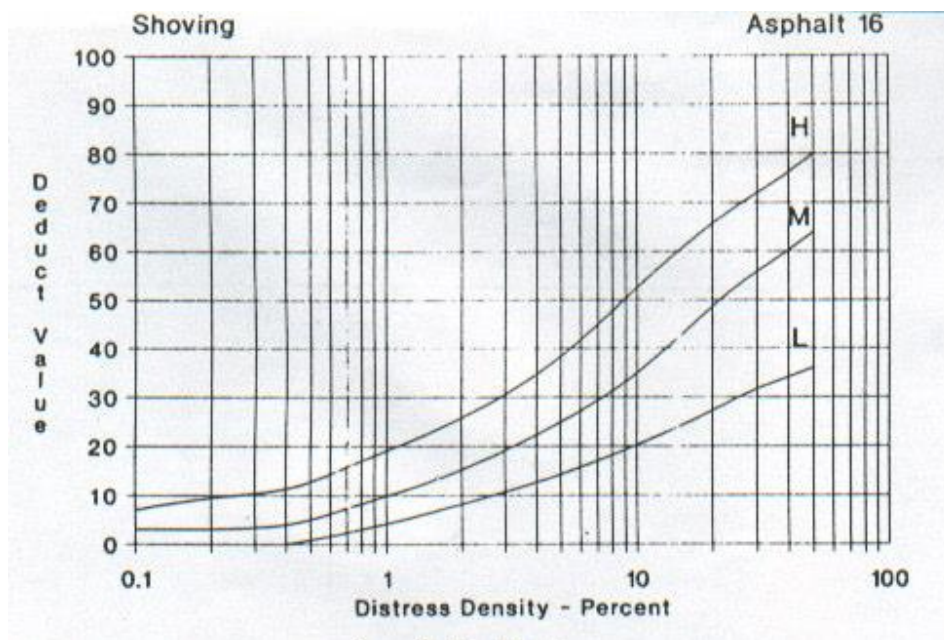
Cruce de vía férrea



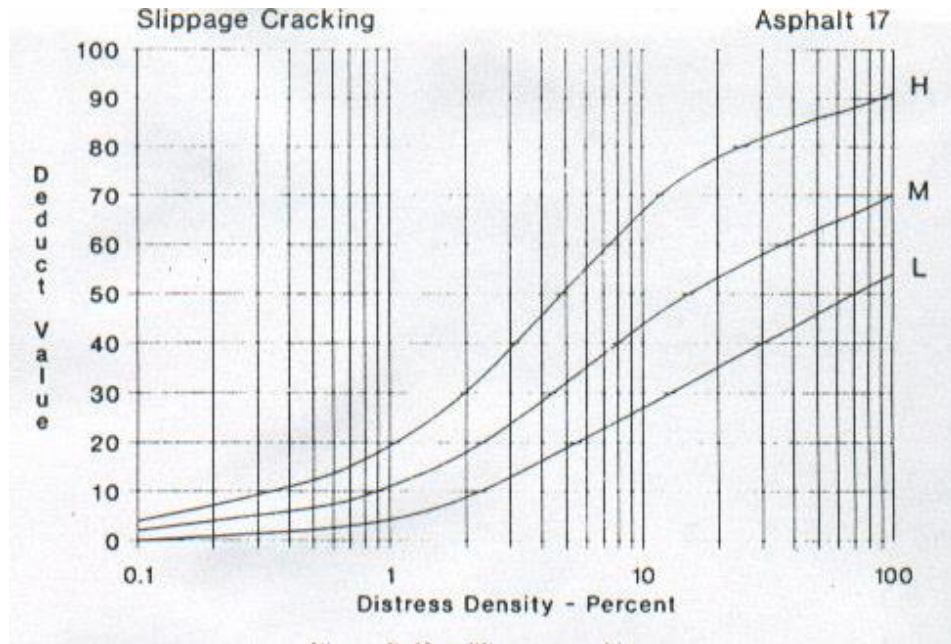
Ahuellamiento



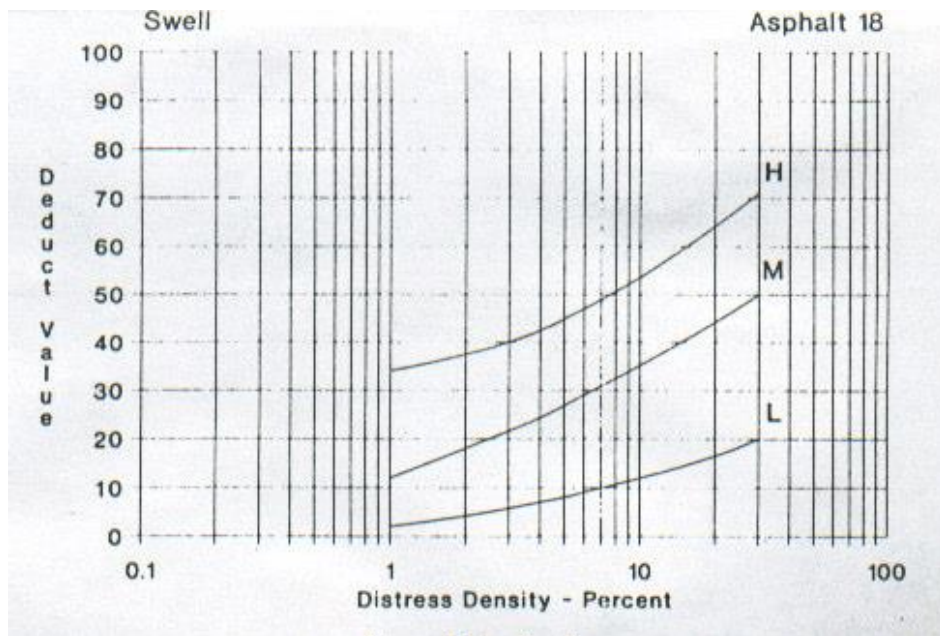
Desplazamiento



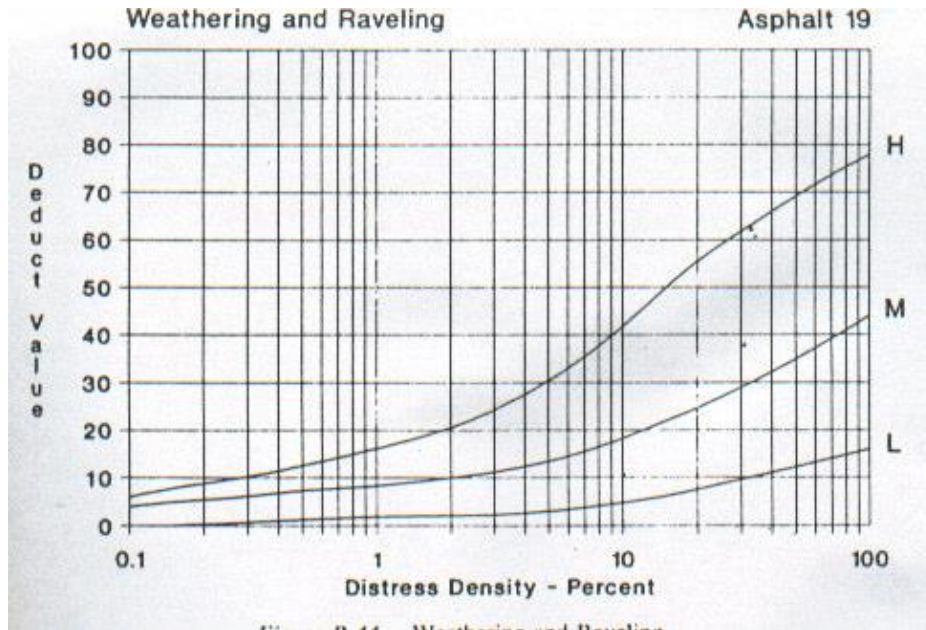
Grietas parabólicas



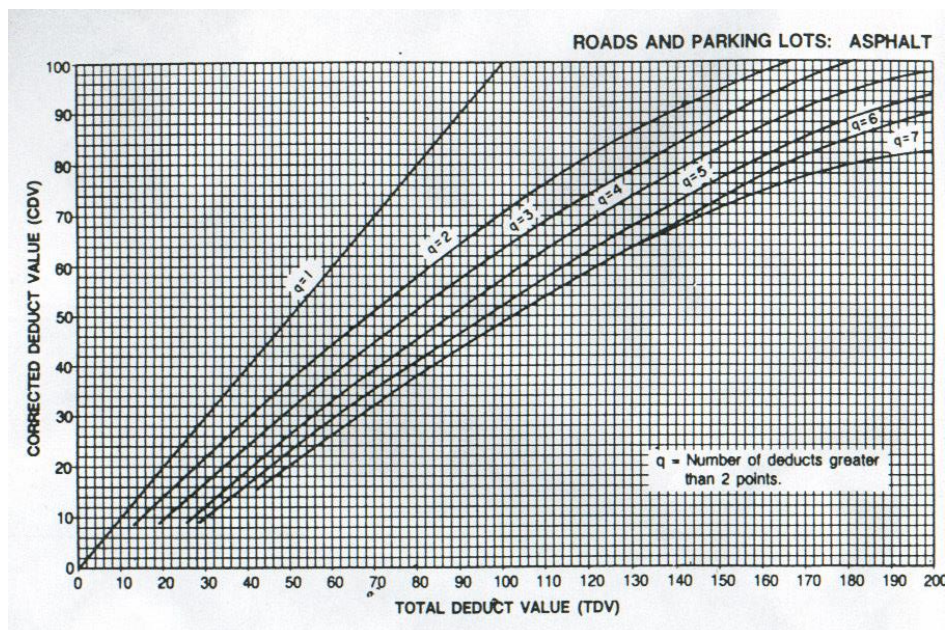
Hinchamiento



Meteorización/ Desprendimiento de agregados

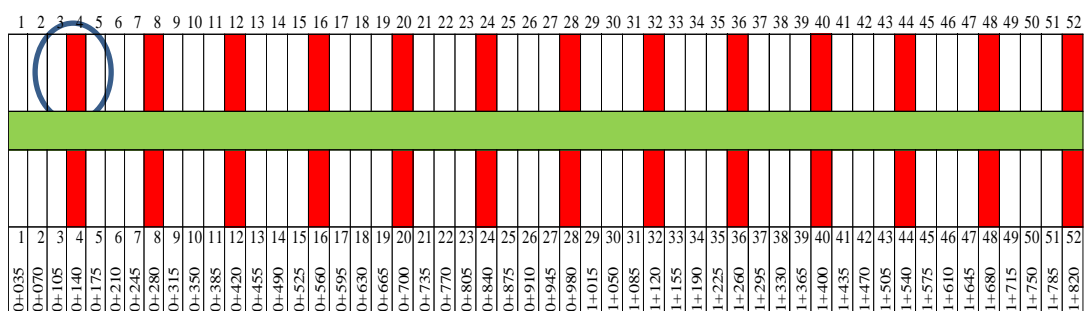


Ábaco de cálculo de Valor Deducido



**ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO
TRAMOS DE SUBIDA (AV. BOHEMIA TACNEÑA, IZQUIERDA)**

MUESTRA M04 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+140:



Nota. En la muestra 4 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, grieta de borde, grieta longitudinal, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M08 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+280:

Nota. En la muestra 8 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas de borde, parcheo y desprendimiento de agregados, de severidades baja, media y alta.







MUESTRA M12 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+420:



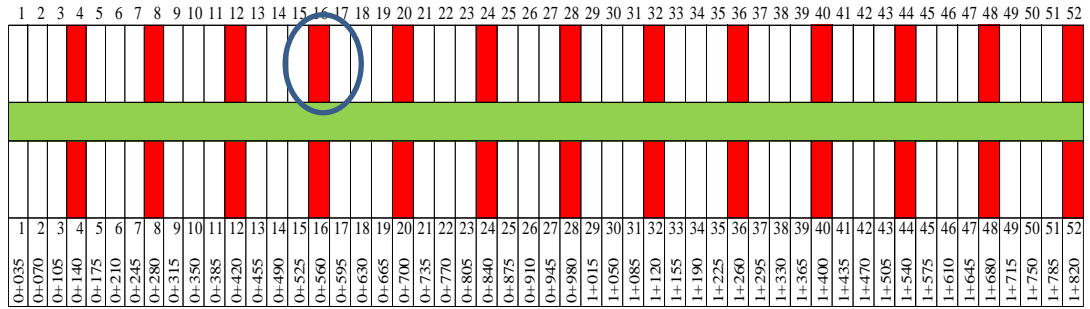
Nota. En la muestra 12 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M16 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+560:



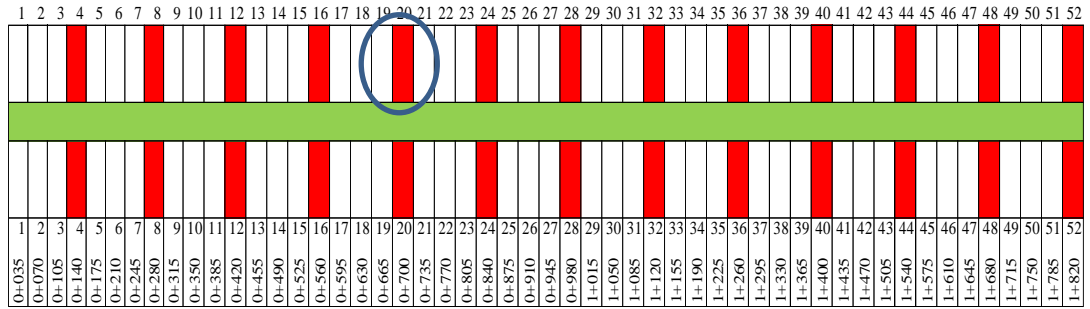
Nota. En la muestra 16 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, parcheo y desprendimiento de agregados, encontrando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M20 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+700:



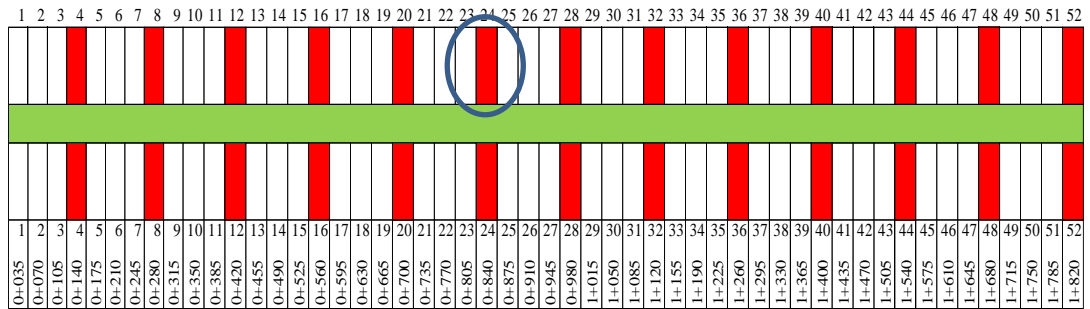
Nota. En la muestra 20 encontraron fallas como piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque y parcheo encontrando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M24 – TRAMO DE SUBIDA KM 0+840:



Nota. En la muestra 24 se encontraron fallas como exudación, agrietamiento en bloque, grieta de borde, parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.



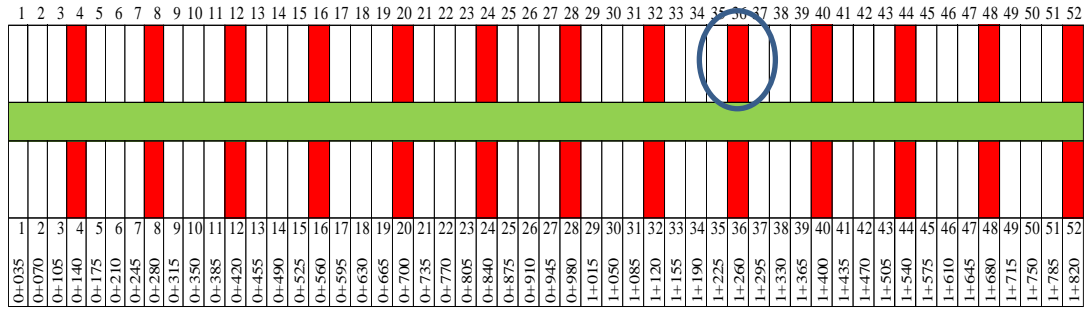








MUESTRA M36 – TRAMO DE SUBIDA KM 1+260:



Nota. En la muestra 36 se encontraron fallas como abultamientos y desprendimiento de agregados, considerando severidades medias.





MUESTRA M44 – TRAMO DE SUBIDA KM 1+540:



Nota. En la muestra 44 se encontraron fallas como, grieta longitudinales y transversales, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.





MUESTRA M52 – TRAMO DE SUBIDA KM 1+820:



Nota. En la muestra 52 se evaluaron fallas como parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades medias.



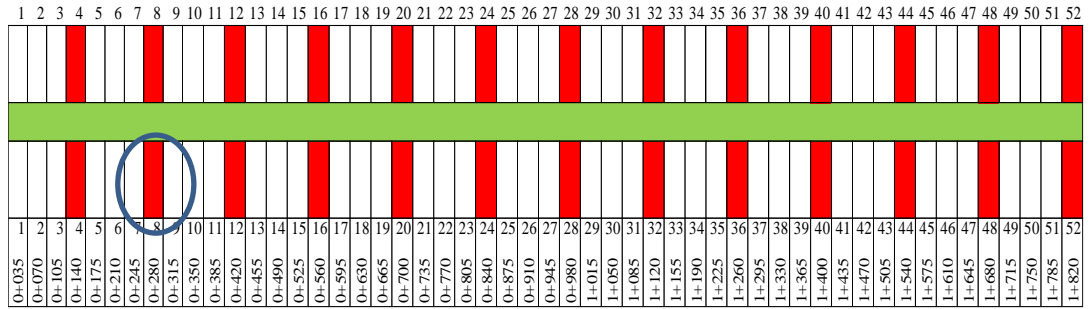








MUESTRA M08 – TRAMO DE BAJADA KM 0+280:



Nota. En la muestra 8 se encontraron fallas como exudación, grietas longitudinales y transversales, y desprendimiento de agregados, considerando severidades bajas.





MUESTRA M12 – TRAMO DE BAJADA KM 0+420:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52					
0+035	0+070	0+105	0+140	0+175	0+210	0+245	0+280	0+315	0+350	0+385	0+420	0+455	0+490	0+525	0+560	0+595	0+630	0+665	0+700	0+735	0+770	0+805	0+840	0+875	0+910	0+945	0+980	1+015	1+050	1+085	1+120	1+155	1+190	1+225	1+260	1+295	1+330	1+365	1+400	1+435	1+470	1+505	1+540	1+575	1+610	1+645	1+680	1+715	1+750	1+785	1+820					

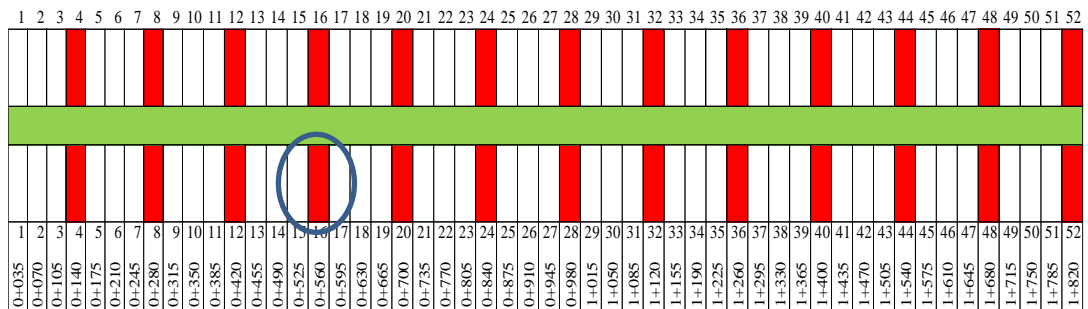
Nota. En la muestra 12 se encontraron fallas como piel de cocodrilo, parcheo, huecos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M16 – TRAMO DE BAJADA KM 0+560:



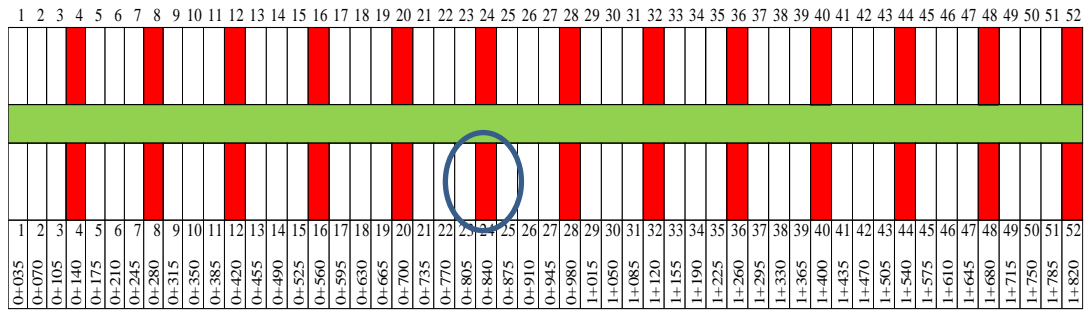
Nota. En la muestra 16 se encontraron fallas como exudación, grietas longitudinales y transversales, parcheo, hueco y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.





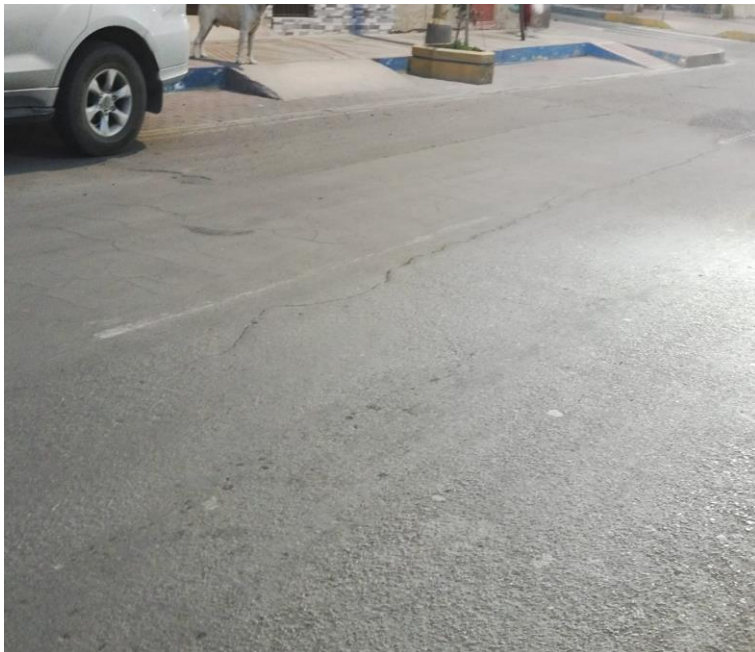


MUESTRA M24 – TRAMO DE BAJADA KM 0+840:



Nota. En la muestra 24 se encontraron fallas como grietas longitudinales y transversales, parcheos y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja y media.

















MUESTRA M48 – TRAMO DE BAJADA KM 1+680:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52							
0+035	0+070	0+105	0+140	0+175	0+210	0+245	0+280	0+315	0+350	0+385	0+420	0+455	0+490	0+525	0+560	0+595	0+630	0+665	0+700	0+735	0+770	0+805	0+840	0+875	0+910	0+945	0+980	1+015	1+050	1+085	1+120	1+155	1+190	1+225	1+260	1+295	1+330	1+365	1+400	1+435	1+470	1+505	1+540	1+575	1+610	1+645	1+680	1+715	1+750	1+785	1+820							

Nota. En la muestra 48 se encontraron fallas como parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.







MUESTRA M52 – TRAMO DE BAJADA KM 1+820:



Nota. En la muestra 52 se evaluaron fallas como parcheo y desprendimiento de agregados, considerando severidades baja, media y alta.

