

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA
VIAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO
AV. TARATA – AV. PINTO – TACNA, 2019”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS ARMANDO ADCO MAMANI

TACNA – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA
VIAL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN TRAMO
AV. TARATA – AV. PINTO – TACNA, 2019”**

Tesis sustentada y aprobada el 13 de diciembre de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

SECRETARIO : Ing. ROLANDO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

VOCAL : Mtro. ERIC FREDY CALDERÓN LOZANO

ASESOR : Mag. MARTIN PAUCARA ROJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Luis Armando Adco Mamani, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71486277, así como Martin Paucara Rojas con DNI 00451289; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *Evaluación estructural del pavimento flexible y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Tarata – Av. Pinto – Tacna, 2019*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 13 de diciembre de 2019

Luis Armando Adco Mamani
DNI: 71410010

Martin Paucara Rojas
DNI: 00451289

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el apoyo brindado a través de estos años, por brindarme la confianza y respaldo en este largo camino de formación como profesional, les dedico las siguientes páginas como resultado de mi esfuerzo y del suyo.

Luis Armando Adco Mamani

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y lograr que alcance cada uno de mis objetivos. A mis padres, por el apoyo incondicional ante cualquier reto propuesto, por inculcarme los valores y principios que me permiten ser la persona que hoy en día soy. A mi asesor, el Ingeniero Martin Paucara Rojas, que, gracias a su experiencia y asesoría, permitieron una correcta elaboración en el contenido del presente trabajo. A los familiares y amigos que me acompañaron y brindaron ayuda en la formación de este documento.

Luis Armando Adco Mamani

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación e importancia	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. A nivel nacional	7
2.1.3. A nivel local	8

2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Rehabilitación de vía	9
2.2.2. Evaluación estructural	11
2.3. Definición de términos.....	16
2.3.1. Conservación vial	16
2.3.2. Pavimento flexible	16
2.3.3. Recapeos	17
2.3.4. Índice Medio Diario Anual (IMDA)	17
2.3.5. Tasa de crecimiento	17
2.3.6. Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	18
2.3.7. Tráfico	18
2.3.8. Fallas superficiales	19
2.3.9. Fallas estructurales	19
2.3.10. Exudación	19
2.3.11. Grietas longitudinales y transversales.....	20
2.3.12. Piel de cocodrilo	20
2.3.13. Parchado	21
2.3.14. Baches (huecos)	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. Diseño de la investigación	23
3.2. Acciones y actividades.....	23
3.3. Materiales y/o instrumentos	23
3.4. Población y/o muestra de estudio	24
3.5. Operacionalización de variables	24
3.5.1. Variable dependiente	24
3.5.2. Variable independiente	25
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	26
4.1. Determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	26

4.1.1. Resultados del Tramo I: Av. Pinto - Av. Tarata	27
4.1.2. Resultados del Tramo II: Av. Tarata - Av. Pinto	38
4.2. CBR (California Bearing Ratio)	49
4.2.1. CBR - Calicata 01	49
4.2.2. CBR - Calicata 02	51
4.3. Diseño del Pavimento Flexible	52
4.3.1. Datos de CBR	53
4.3.2. Cálculo del Índice Medio Diario (IMD)	53
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	93
5.1. Evaluación de la carpeta asfáltica.....	93
5.1.1. Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	93
5.2. Propuesta de rehabilitación.....	96
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Rango de clasificación del PCI – Norma ASTM D6433.....	12
Tabla 2.	Tipos de fallas consideradas en pavimentos flexibles.....	12
Tabla 3.	Relación longitud - ancho de calzada para unidades de muestra	13
Tabla 4.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 01	27
Tabla 5.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 03	28
Tabla 6.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 05	29
Tabla 7.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 07	30
Tabla 8.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 09	31
Tabla 9.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 11	32
Tabla 10.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 13	33
Tabla 11.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 15	34
Tabla 12.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 17	35
Tabla 13.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 19	36
Tabla 14.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 20	37
Tabla 15.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 21	38
Tabla 16.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 22	39
Tabla 17.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 24	40
Tabla 18.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 26	41
Tabla 19.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 28	42
Tabla 20.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 30	43
Tabla 21.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 32	44
Tabla 22.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 34	45
Tabla 23.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 36	46
Tabla 24.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 38	47
Tabla 25.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra 40	48

Tabla 26.	Ensayo de CBR – calicata 01.....	49
Tabla 27.	Ensayo de CBR – calicata 02.....	51
Tabla 28.	Valores de CBR para diseño.....	53
Tabla 29.	Conteo vehicular tramo I – lunes A	54
Tabla 30.	Conteo vehicular tramo I – lunes B	55
Tabla 31.	Conteo vehicular tramo I – martes A.....	56
Tabla 32.	Conteo vehicular tramo I – martes B.....	57
Tabla 33.	Conteo vehicular tramo I – miércoles A.....	58
Tabla 34.	Conteo vehicular tramo I – miércoles B.....	59
Tabla 35.	Conteo vehicular tramo I – jueves A.....	60
Tabla 36.	Conteo vehicular tramo I – jueves B.....	61
Tabla 37.	Conteo vehicular tramo I – viernes A	62
Tabla 38.	Conteo vehicular tramo I – viernes B	63
Tabla 39.	Conteo vehicular tramo I – sábado A	64
Tabla 40.	Conteo vehicular tramo I – sábado B	65
Tabla 41.	Conteo vehicular tramo I – domingo A	66
Tabla 42.	Conteo vehicular tramo I – domingo B	67
Tabla 43.	Resumen de tráfico vehicular del tramo I	68
Tabla 44.	Conteo vehicular tramo II – lunes A	69
Tabla 45.	Conteo vehicular tramo II – lunes B	70
Tabla 46.	Conteo vehicular tramo II – Martes A.....	71
Tabla 47.	Conteo vehicular tramo II – Martes B.....	72
Tabla 48.	Conteo vehicular tramo II – miércoles A.....	73
Tabla 49.	Conteo vehicular tramo II – miércoles B.....	74
Tabla 50.	Conteo vehicular tramo II – jueves A.....	75
Tabla 51.	Conteo vehicular tramo II – jueves B.....	76
Tabla 52.	Conteo vehicular tramo II – viernes A	77
Tabla 53.	Conteo vehicular tramo II – viernes B	78

Tabla 54. Conteo vehicular tramo II – sábado A	79
Tabla 55. Conteo vehicular tramo II – sábado B	80
Tabla 56. Conteo vehicular tramo II – domingo A	81
Tabla 57. Conteo vehicular tramo II – domingo B	82
Tabla 58. Resumen de tráfico vehicular del tramo II	83
Tabla 59. Factores de corrección.....	84
Tabla 60. Cálculo de IMDs e IMDa para un conteo promediado	85
Tabla 61. Porcentaje total de vehículos pesados en el carril de diseño	86
Tabla 62. Cálculo de sumatoria de cantidad de vehículo por peso bruto	87
Tabla 63. Cálculo del factor de ajuste	89
Tabla 64. Espesores mínimos de carpeta asfáltica	91
Tabla 65. Relación de capas de la estructura del pavimento	91
Tabla 66. Espesor del pavimento en pulgadas y centímetros	92
Tabla 67. Resumen PCI por unidad de muestra Tramo I	93
Tabla 68. Resumen PCI por unidad de muestra Tramo II	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Exudación	19
Figura 2.	Grietas longitudinales	20
Figura 3.	Piel de cocodrilo.....	21
Figura 4.	Parchados.....	21
Figura 5.	Hueco	22
Figura 6.	Ubicación del tramo en estudio Av. Jorge Basadre G. Tramo Av.Tarata - Av.Pinto	24
Figura 7.	Hoja de registro de la unidad de muestra 01 de la Av. Circunvalación norte	27
Figura 8.	Hoja de registro de la unidad de muestra 03 de la Av. Circunvalación norte	28
Figura 9.	Hoja de registro de la unidad de muestra 05 de la Av. Circunvalación norte	29
Figura 10.	Hoja de registro de la unidad de muestra 07 de la Av. Circunvalación norte	30
Figura 11.	Hoja de registro de la unidad de muestra 09 de la Av. Circunvalación norte	31
Figura 12.	Hoja de registro de la unidad de muestra 11 de la Av. Circunvalación norte	32
Figura 13.	Hoja de registro de la unidad de muestra 13, de la Av. Circunvalación norte	33
Figura 14.	Hoja de registro de la unidad de muestra 15 de la Av. Circunvalación norte	34
Figura 15.	Hoja de registro de la unidad de muestra 17 de la Av. Circunvalación norte	35
Figura 16.	Hoja de registro de la unidad de muestra 19 de la Av. Circunvalación norte	36

Figura 17. Hoja de registro de la unidad de muestra 20 de la Av. Circunvalación norte	37
Figura 18. Hoja de registro de la unidad de muestra 21 de la Av. Circunvalación norte	38
Figura 19. Hoja de registro de la unidad de muestra 22 de la Av. Circunvalación norte	39
Figura 20. Hoja de registro de la unidad de muestra 24 de la Av. Circunvalación norte	40
Figura 21. Hoja de registro de la unidad de muestra 26 de la Av. Circunvalación norte	41
Figura 22. Hoja de registro de la unidad de muestra 28 de la Av. Circunvalación norte	42
Figura 23. Hoja de registro de la unidad de muestra 30, de la Av. Circunvalación norte	43
Figura 24. Hoja de registro de la unidad de muestra 32 de la Av. Circunvalación norte	44
Figura 25. Hoja de registro de la unidad de muestra 34 de la Av. Circunvalación norte	45
Figura 26. Hoja de registro de la unidad de muestra 36, de la Av. Circunvalación norte	46
Figura 27. Hoja de registro de la unidad de muestra 38 de la Av. Circunvalación norte	47
Figura 28. Hoja de registro de la unidad de muestra 40 de la Av. Circunvalación norte	48
Figura 29. Determinación de CBR – calicata 01	50
Figura 30. Determinación de CBR – calicata 02	52
Figura 31. Representación gráfica parcial por cada tipo de vehículo	84
Figura 32. Determinación del número de tránsito inicial	88
Figura 33. Determinación del espesor del pavimento – Nomograma para un periodo de diseño de 20 años	90
Figura 34. Tipos de conservación vial según calificación de condición	96

Figura 35. Espesor de las capas del pavimento Tramo I	97
Figura 36. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Piel de cocodrilo	122
Figura 37. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Exudación	122
Figura 38. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Agrietamiento en bloque.....	123
Figura 39. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Abultamientos y hundimientos	123
Figura 40. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Corrugación	124
Figura 41. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Depresión	124
Figura 42. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta de borde.....	125
Figura 43. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta de reflexión de junta	125
Figura 44. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desnivel carril / berma	126
Figura 45. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Fisuras longitudinales y transversales	126
Figura 46. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Parcheo	127
Figura 47. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Pulimiento de agregados	127
Figura 48. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Huecos	128
Figura 49. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Cruce para vía férrea..	128
Figura 50. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Ahuellamiento	129
Figura 51. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desplazamiento	129
Figura 52. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta parabólica	130
Figura 53. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Hinchamiento.....	130
Figura 54. Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desprendimiento de agregado	131

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	103
Anexo 2. Panel fotográfico de las fallas superficiales – Tramo I	104
Anexo 3. Panel fotográfico de las fallas superficiales – Tramo II	115
Anexo 4. Panel fotográfico del ensayo CBR	119
Anexo 5. Curvas de valor deducido de cada falla	122

RESUMEN

En la presente tesis “Evaluación estructural del pavimento flexible y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Tarata – Av. Pinto – Tacna, 2019”, se evalúa el estado actual de la estructura vial del pavimento mediante el método PCI, que constituye una de las metodologías más completas para evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles. Dicha metodología esta basada en una inspección visual donde se evalúan los tipos de deterioros, cuantifican las áreas afectadas y establecen las severidades de cada una de las patologías en la vía. Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación, se determinó que el Tramo I cuenta con un PCI de 29, correspondiente a un pavimento Malo, y el Tramo II con un PCI 65, correspondiendo a un pavimento en Buen estado. En el proceso se corroboró que las patologías que presentan mayor grado de deterioro y extensión fueron las registradas en zonas de paraderos y semáforos, siendo así las zonas próximas a la Av. Tarata y Av. Pinto. Posterior a los resultados obtenidos, se determinó la aplicación de una rehabilitación y conservación periódica en el tramo I y tramo II respectivamente; ambos tipos de tratamiento fueron establecidos de acuerdo al manual de mantenimiento del MTC. Para dicho Tramo I, se realizó un diseño de pavimento para determinar el espesor de las capas estructurales de la vía, habiendo realizado previamente los ensayos necesarios para su aplicación. El método PCI permitió una correcta comprensión del estado actual de la vía evaluada, cuyos resultados ayudaron a establecer la manera en la que se intervendrá en la zona investigada. Con el fin de evitar gastos de mayor envergadura, es recomendable la aplicación de planes de mantenimiento que aminoren el deterioro de nuestro pavimento a lo largo de su periodo de vida útil.

Palabras clave: asfalto; desprendimiento de agregados; deterioro superficial en pavimentos; superficie de rodadura; razón soporte california.

ABSTRACT

In the present thesis "Structural Evaluation of Flexible Pavement and Proposal for Rehabilitation of Road Infrastructure on Jorge Basadre Grohmann Avenue, Section Av. Tarata – Av. Pinto – Tacna, 2019", the current condition of the pavement structure is assessed using the PCI method, which constitutes one of the most comprehensive methodologies for the evaluation and objective rating of flexible pavements. This methodology is based on a visual inspection where the types of deterioration are evaluated, the affected areas are quantified, and the severities of each pathology on the road are established. Considering the evaluation results, it was determined that Section I has a PCI of 29, corresponding to a Poor pavement, and Section II has a PCI of 65, corresponding to a Good pavement. In the process, it was corroborated that the pathologies presenting the highest degree of deterioration and extent were those recorded in bus stop and traffic light areas, such as the zones near Av. Tarata and Av. Pinto. Following the obtained results, it was determined to apply periodic rehabilitation and maintenance in Section I and Section II respectively; both types of treatment were established according to the MTC maintenance manual. For Section I, a pavement design was carried out to determine the thickness of the structural layers of the road, having previously performed the necessary tests for its application. The PCI method allowed for a correct understanding of the current state of the evaluated road, whose results helped to establish how the investigated area will be intervened. In order to avoid larger expenses, it is advisable to apply maintenance plans that reduce the deterioration of our pavement throughout its useful life.

Keywords: asphalt; weathering; surface distress in pavements; surface course; california bearing ratio.

INTRODUCCIÓN

Los pavimentos son estructuras viales diseñadas con el fin de proveer una adecuada circulación vehicular. Son diseñados con un periodo de vida útil establecido, teniendo así que garantizar un correcto funcionamiento de la vía hasta cumplir dicho periodo de funcionamiento. Para ello es que se destinan planes de mantenimiento vial que permitan conservar y garantizar una adecuada funcionalidad de infraestructura vial. La no aplicación de dichos planes, propiciaría la aparición de patologías propias de pavimento pudiendo ser del tipo superficial y/o estructural, ocasionando así una serie de consecuencias adversas al fin inicial de este tipo de estructuras.

Las evaluaciones estructurales son estudios que permiten diagnosticar el estado actual de un pavimento deteriorado. El método de evaluación que se aplica en este estudio es el método PCI (Pavement Condition Index), que mediante inspecciones visuales permite cuantificar, clasificar y evaluar la severidad de las patologías que presenta una estructura vial.

La presente tesis tiene como fin determinar el estado actual de las vías de las Av. Jorge Basadre G. tramo Av. Tarata – Av. Pinto, vía principal ubicada en la parte norte de la ciudad y que cuenta con una circulación considerable de vehículos, que son afectados por las distintas fallas que presenta.

En primer capítulo se consideran los aspectos de las principales problemáticas que vienen afectando al tramo de evaluación de la vía de la Av. Jorge Basadre G. y en como la aplicación de la evaluación estructural permitirá tomar medidas que permitan tratar las áreas afectadas. En siguiente capítulo nos referiremos a los antecedentes que preceden la aplicación de una evaluación estructural por el método PCI, y sobre los conceptos necesarios para el desarrollo de este estudio.

En el tercer y cuarto capítulo definimos el método de investigación que aplicaremos para el desarrollo de la evaluación estructural, y se analizarán los resultados obtenidos en la evaluación realizada por el método PCI, los ensayos propios para evaluar la capacidad portante de la estructura vial, y el diseño del pavimento flexible para determinar el espesor de cada capa estructural de la vía.

Mediante los resultados obtenidos en la evaluación de dicha vía, se pretende establecer el tipo de intervención que se realizará en la vía evaluada, para reestablecer las funciones principales que debe cumplir todo pavimento.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El continuo crecimiento poblacional y urbano de la ciudad conlleva un aumento constante en el parque automotor día a día, haciendo imprescindible que las vías urbanas de Tacna cuenten con una serviciabilidad aceptable para los usuarios. La falta de un programa de mantenimiento adecuado acarrea un sin fin de deterioros y fallas que podemos visualizar fácilmente en las distintas vías de la ciudad.

El deterioro a nivel superficial y estructural de pavimentos de Tacna es frecuente el fin de la vida útil del mismo, un mal diseño, errores constructivos, agentes climáticos, baja calidad de materiales, daños por cambios de tuberías en sistemas de agua y desagüe, etc. Estos inconvenientes nacen a partir de no contar con un adecuado plan de mantenimiento y control del estado de las vías, lo que consecuentemente se ve reflejado en la falta de tratamientos o acción para proveer la formación de dichas fallas.

Entre las principales funciones que brindan los pavimentos se encuentran la circulación segura, cómoda y confortable, con una adecuada rugosidad, por este motivo es necesario salvaguardar una buena funcionalidad de nuestras vías que permitan al usuario reducir el costo operacional vehicular y reducir el tiempo de circulación.

Consecuente a lo ya mencionado, es que es necesario identificar y localizar los distintos tipos de deterioro presentes en el pavimento, para establecer la condición actual de este, y así dar paso a resultados que permitan formular soluciones directas con el fin de prolongar la vida útil de las vías de la ciudad.

El tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Tarata – Av. Pinto, es un pavimento flexible compuesto por dos calzadas, con triple carril en cada sentido, teniendo una longitud aproximada de 750,00 m.

La avenida en mención es antigua, pero con el pasar del tiempo se han realizado mantenimientos en ella que solo mejoran temporalmente la transportabilidad, mas no todas las funciones convenientes a un pavimento óptimo. Al ser una vía principal, cuenta con una circulación de alto volumen de tráfico vehicular por ello los tratamientos o mejoramientos realizados con anterioridad en la avenida tenían como inconveniente el uso de calles aledañas que generaban congestionamiento por estar diseñadas para menores flujos de tráfico, por ellos los trabajos realizados en la vía, tienden a estar limitados en tiempo por el necesario uso de la avenida principal.

A simple vista se observa distintos desperfectos del pavimento como peladura, depresión, baches, fisuras, parches, etc., que generan incomodidad a los usuarios recurrentes y no recurrentes de la zona. Por tanto, realizar un estudio sobre el estado actual del pavimento de la Av. Jorge Basadre Grohmann, garantizará que se determine el tipo de acciones que se realizarán para la recuperación y mantenimiento de la vía.

Existen distintos métodos que permiten evaluar la estructura de una vía, de entre ellos el método de evaluación de Índice de Condición de Pavimento PCI (Pavement Condition Index) que consiste en evaluar y calificar el estado del pavimento en un rango de valores que van desde 0 a 100, mediante una inspección visual.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la evaluación estructural de la Infraestructura Vial existente en la Av. Jorge Basadre Grohmann, nos permitirá determinar una posible propuesta de rehabilitación del tramo indicado?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo influyen las fallas superficiales en la funcionalidad de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?
- b. ¿Cómo influye el estado estructural de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?
- c. ¿Cómo influye el valor del PCI en la rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?

1.3. Justificación e importancia

Tacna es una región turística, cultural y agronómica que se ubica en el extremo sur del país y colindan con los países de Chile y Bolivia. Concentra la mayoría de su población en la misma ciudad y una minoría localizada en sus distintas provincias.

La afluencia de turistas extranjeros y propios del país permiten que el turismo sea una de las principales fuentes de crecimiento económico en la localidad.

El constante crecimiento poblacional desde hace varias décadas, ha generado un desmesurado expansionismo urbano general en todas direcciones, generando así la creación de nuevas vías que permitan acceder a las áreas urbanas en expansión.

Si bien en la actualidad se puede considerar que Tacna cuenta con sistema vial consolidado, que cuenta casi en totalidad con pistas y veredas, gran parte de ellas se encuentran deteriorada debido a la antigüedad de construcción de los pavimentos, trayendo consigo los distintos tipos de deterioro superficial y estructural que impiden la correcta funcionalidad de esta.

Lungo (2000) señala que, a diferencia de los Estados Unidos, donde el tema de la expansión urbana ha generado muchos estudios, discusiones y políticas, en América Latina la expansión de las grandes ciudades ha atraído relativamente poca atención, aun cuando dicho fenómeno es una característica ampliamente reconocida de todo el territorio. Hay varias razones que pueden explicar estas disparidades:

- El tardío proceso de urbanización en la mayoría de los países latinoamericanos, donde hasta en años recientes predominaba una economía de base agraria;
- El fuerte predominio de las principales ciudades, particularmente las capitales caracterizadas por un patrón de crecimiento espacial muy concentrado alrededor de las áreas centrales; y
- El crecimiento de asentamientos ilegales en las periferias urbanas, fuera de los límites de las regulaciones urbanísticas y sin haber sido tomados en cuenta por las inversiones públicas y privadas.

La expansión urbana en la mayoría de regiones metropolitanas latinoamericanas muestra un panorama de pobreza, informalidad e ilegalidad de los patrones de uso del suelo, y una ausencia de infraestructura, equipamientos y servicios básicos”.

Teniendo como referencia otras regiones se puede deducir la necesidad de un planeamiento vial adecuado en la ciudad, que garantice los fines principales de los pavimentos como lo son la confortabilidad, ahorro de tiempo de viaje y reducción en el costo operacional de los vehículos, por ello el interés en el estudio de una vía principal que congrega un volumen de tráfico considerable diariamente.

La Av. Jorge Basadre Grohmann Tramo Av. Tarata – Av. Pinto es una vía que presenta un tráfico típico medianamente lento, sobre todo en los extremos en mención. El flujo vehicular recurrente va desde motos, vehículos particulares, camiones, etc. La intersección Av. Jorge Basadre G.-Av. Pinto es aledaña a zonas comerciales y paraderos formales e informales, lo que hace recurrente el congestionamiento vehicular. La intersección Av. Jorge Basadre G. –Av. Tarata es cercana a zonas de paraderos y uno de los accesos a la zona norte de la ciudad por ellos es frecuente el embotellamiento de vehículos, también es recurrente el acumulamiento de desfogues pluviales en la vía.

Mediante la metodología del Índice de Condición del Pavimento PCI (Pavement Condition Index), según la norma ASTM D6433, se busca reconocer la condición superficial del pavimento, proporcionando así la información necesaria del estado actual de la vía para contemplar planes de rehabilitación conservación o refuerzo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar estructuralmente la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre, y proceder a la rehabilitación del pavimento de acuerdo a los resultados obtenidos.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar superficialmente los tipos de fallas en la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio.
- b. Evaluar la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann. Tramo de estudio, mediante ensayos in situ como en laboratorio
- c. Determinar mediante el método de PCI la propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La evaluación estructural de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Tarata – Av. Pinto, permite mediante sus resultados, plantear una rehabilitación integral del pavimento evaluado.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. El reconocimiento y análisis de las patologías en la vía a evaluar, brindaran los datos necesarios para proporcionar resultados correctos para el uso del método PCI.
- b. El deterioro de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann perjudica su estado funcional.
- c. Los datos obtenidos en la evaluación superficial y los ensayos permitirán justificar el tratamiento pertinente necesario para la vía.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Cruz y Restrepo (2017) presentaron su documentación “Evaluación del estado del pavimento flexible en la zona urbana La Calera”; consideran que debido al mal estado de los pavimentos flexibles pertenecientes al casco urbano, es necesario el uso de método que permitan cuantificar mediante datos o valores la severidad del pavimento en cuestión. Optaron por el uso del método PCI debido al masivo uso que tiene este en Colombia y en instituciones públicas del estado y al considerarlo una herramienta sencilla para el desarrollo de una gestión de pavimentos, permitiendo así evaluar el área total de estudio. Al realizar la investigación, se determinó que el 44 % del área en estudio se encuentra en estado malo y muy malo, concluyéndose en el requerimiento de reconstrucción en la zona afectada. Los daños más recurrentes que se hallaron fueron las fisuras longitudinales y transversales, piel de cocodrilo y huecos. El implemento del Software PavCoin auscultación facilitó la obtención de datos en campo.

Barrantes (2008) presentó la documentación “Desarrollo de herramientas de gestión, con base en la determinación de índices”, considera que las evaluaciones modernas de pavimentos involucran análisis que incluyen diagnósticos, tanto de las capacidad estructural de las vías, capacidad funcional en términos de confort y costo operacional de los vehículos así como elementos del diseño geométrico y condición superficial, lo cual permitiría tener un enfoque integral de los diversos problemas asociados a la infraestructura vial. Se determinarán índices mediante valores que permitan reflejar el estado actual de las vías como la capacidad funcional (IRI), su nivel de serviciabilidad actual (PSI), su condición superficial (VIZIR/PCI), volumen vehicular y capacidad estructural, permitiendo así formular respuestas de intervención objetivas y técnicamente sustentadas. Como parte de la investigación, esta propuesta establece estrategias de intervención a nivel de red, determinándose así un alto porcentaje de tramos que requieren “Refuerzo estructural” o “Reconstrucción”. Los tramos requirentes de mantenimiento fueron asignados como Q1, Q2 y Q3 que están asociados a valores de IRI altos, por ello el autor recomienda hacer estudios más detallas “in situ”. El documento menciona que incluir el método PCI (Pavement Condition Index) es importante para determinar índices de deterioro superficial más detallados y que va asociado al conocimiento de volumen vehicular (TPD) de las rutas.

Sierra y Rivas (2016) presentaron la tesis de título “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (DG 78 BIS Sur- Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa”, considera evaluar la vía en estudio mediante el método PCI y VIZIR con el fin de comparar resultados y calificar el estado superficial del pavimento. En los tramos en estudio PR 00+000 – PR 01+020 en el sector de Yomasa se obtuvo calificación de Bueno para la metodología de VIZIR y Excelente para la metodología PCI. Se concluyó que ambas metodologías son muy diferentes en sus parámetros de evaluación, siendo el método VIZIR más sencillo, mejor entendimiento y de mayores facilidades de utilidad a la hora de aplicación. El método PCI inspección y evalúa todos los tipos de daño, deterioro o fallos, siendo así más completa, en cambio el método francés VIZIR evalúa con más rigurosidad los daños estructurales. El autor recomienda aplicar el método VIZIR en vías de rodaduras asfálticas debido al tipo de evaluación y enfoque de sus valores, para vías de rodaduras rígidas sugiere utilizar el método PCI debido a la complejidad de su evaluación.

2.1.2. A nivel nacional

Medina y De la cruz (2015) presentaron la tesis “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método PCI” la importancia de evaluar si una vía es apta para brindar adecuados servicios a los usuarios. Por ello mediante el método PCI se determinará el índice de condición actual de la vía en estudio. La evaluación determinó entre las fallas encontradas: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinales y transversales, parches, baches, ahuellamientos, peladuras y desprendimiento de segregados. El pavimento de la zona presenta condiciones en categoría mala, regular y buena, siendo malo el de mayor porcentaje (38 %), seguido de regular en 26 % y bueno en 22 %. La investigación determinó que, si bien un mayor porcentaje aún permite adecuadas condiciones para la circulación vehicular, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación inmediatamente con el fin de no dejar sin intervención las zonas en regular estado y conceder así vías en excelente condición para los usuarios.

Rodríguez (2009) señala en la tesis titulada “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla” la necesidad de mejorar el estado de la infraestructura vial de los pavimentos urbanos en la ciudad de Piura, debido a la poca serviciabilidad que estas ofrecen. El no contar con adecuado plan de mantenimiento hace más frecuente las fallas en las vías. Mediante el método PCI se busca determinar el estado en el que se encuentra actualmente el pavimento a nivel

estructural y de servicio. En los tramos de 600 m de la Av. Montero que conforman el área de estudio, se inspeccionaron 32 unidades de muestra de los cuales se determinó que: 9 % se encuentra en estado muy malo, 15 % malo, 37 % regular, 33 % bueno, 9 % muy bueno. Ello refleja el estado del pavimento de cada muestra, definen la condición del pavimento de los tramos. Tomando todas las unidades de muestra se determinó un PCI ponderado de 49, esto significa que el estado real de la vía analizada es regular. El autor recomienda aplicar parches en las zonas en zonas de mayor deterioro y aplicar un riego de liga para reparar zonas con fallos de corrugación y peladura.

Cantuarias y Watanabe (2017) presentaron la tesis “Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la Urb. La rinconada del Distrito de Trujillo” la aplicación directa del método PCI como respuesta a determinar el estado actual de la estructura vial de la Av. Camino. Señala que el método PCI permitirá cuantificar la severidad y clase de falla en la vía. La evaluación superficial determinó que el estado de conservación a través de sus 3044,70 m es Excelente, con un valor de PCI de 87,52. A pesar del corto periodo de servicio de la vía, esta presenta fallas como piel de cocodrilo, grietas longitudinales, exudación, parcheo utilitario, huecos, ahuellamientos y hundimientos con distintos grados de severidad. Se concluyó que el prematuro deterior del pavimento de estudio se debe al alto volumen de tráfico, que excede la capacidad para el cual fue diseñada, por tanto, se recomienda como acción mínima correctiva la limpieza, sellado de grietas y un riego pulverizado.

2.1.3. A nivel local

Hiliquín (2016) presentó en su tesis “Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay” la necesidad de evaluar estructuralmente el pavimento de la avenida en mención. Cuenta con un primer tramo con antigüedad de 40 años y con un segundo de casi 17 años. Se sabe que no hay información sobre el expediente de la pavimentación realizada, tampoco el mantenimiento del mismo. El método PCI permitirá determinar el tipo de patologías del pavimento, nivel de severidad, clase de daño y densidad sobre la condición del pavimento. Las fallas más predominantes en la vía fueron: desprendimientos y parches representando un área de 1477,57 m². Se determinó que la evaluación realizada en la Av. Jorge Chávez diagnostico un PCI de 34,59 que califica el estado estructural como malo. Mediante el ensayo de Viga Benkelman se concluyó que ambos carriles presentan deflexiones mayores a las admisibles lo que hace necesaria una rehabilitación para la vía que garantice una mejora en la serviciabilidad y brindar mayor periodo de vida útil del pavimento.

Guzman (2017) mediante su tesis “Evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo Av. Jorge Basadre Grohmann este – Av. Basadre y forero, aplicando el método del PCI” reconoce la facilidad de la evaluación estructural aplicando el método PCI, debido a su precisa e integra metodología para determinar la condición del pavimento en estudio. El tipo de tránsito que presenta la zona en estudio revela una de las causas respecto al deterioro de la estructura vial correspondiente. De esta manera, la evaluación vial realizada reveló que en la Av. Jorge Basadre Tramo Este – Basadre Forero, existen 10 tipos distintos de daños, entre ellos: Piel de cocodrilo, exudación, abultamiento y hundimientos, grietas de borde, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, etc. Por consiguientemente, la evaluación final evidenció que, según las unidades de muestra de los dos primeros tramos, estos se encuentran en Buena condición en general, sin embargo, algunas secciones en ambos tramos contemplaron mal y muy mal estado. Es así que, en esta investigación el autor recomienda llevar a cabo un mantenimiento teniendo en consideración los resultados obtenidos en la presente investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Rehabilitación de vía

Menéndez (2013), cuando un pavimento llega al final de su vida útil, se presenta dos opciones si las capas de la estructura están falladas. Primero, se puede optar por reemplazarlas o colocar una capa de refuerzo, o como segunda opción, que representa un ahorro en materia económica, requiere de una evaluación exhaustiva de la condición del pavimento existente para definir trabajos requeridos a fin de rehabilitar la estructura.

Estas rehabilitaciones en muchos casos por la magnitud del trabajo realizado podrían ser consideradas reconstrucciones y en otros como construcciones nuevas, en especial en zonas donde se querían ensanches, correcciones geométricas y cambio del nivel de rasante.

Sin embargo, más allá de la denominación formal del trabajo, se define como rehabilitación de un pavimento cuando se considera dentro del diseño el aporte estructural de la estructura existente, dependiendo del estado en el que se encuentre.

2.2.1.1. Rehabilitación superficial

Menéndez (2013), la rehabilitación superficial está dirigida a los problemas relacionados con la carpeta asfáltica y los sellos superficiales, normalmente situados dentro de los

50 o 100 milímetros superficiales del pavimento. Estos problemas están relacionados con el envejecimiento del asfalto y el agrietamiento que se inicia en la superficie debido a las fuerzas térmicas. Los métodos comúnmente utilizados para tratar estos tipos de problemas son:

Recapado Asfáltico: Construcción de recapado delgado (40-50 mm) de mezcla asfáltica en caliente sobre la superficie presente. Esta es la solución más simple al problema superficial, debido a que el tiempo requerido para completar el trabajo es breve y el impacto al usuario del camino es mínimo. Sin embargo, un repapeo sucesivo, aumentaría las cotas de la superficie, lo cual puede generar problemas con el drenaje.

Frezar y reemplazar: Este método remueve la capa deteriorada por agrietamiento del asfalto y luego la reemplaza, generalmente con un asfalto modificado. El proceso es relativamente rápido debido a los altos rendimientos de la maquinaria de fresado moderno. El problema se elimina con la nueva capa de asfalto y las cotas del pavimento se conservan.

Reciclar una capa delgada de material asfáltico del pavimento existente (Asumiendo que existe un espesor de asfalto suficiente). Este reciclado es realizado en el mismo lugar de la obra, como una aplicación en caliente (remezclado). Además, las propiedades del asfalto que es reciclado pueden ser modificadas con la adición de nuevos materiales y/o cementos asfálticos.

2.2.1.2. Rehabilitación estructural

Menéndez (2013), la rehabilitación para eliminar los problemas dentro de la estructura del pavimento se entiende como la solución de largo plazo. Debe tomarse en cuenta que la estructura del pavimento está deteriorada y también los materiales que la componen.

Además, mejorar el estándar de un pavimento existente por el reforzamiento de la estructura (por ejemplo, un camino no pavimentado de grava a estándares pavimento) puede ser considerado una forma de rehabilitación.

Como una regla general, la rehabilitación estructural debería apuntar a conseguir el máximo beneficio a partir del valor residual del pavimento existente. Esto implica que el material que se ha densificado no debería ser perturbado.

Las opciones típicas para rehabilitación estructural son:

Reconstrucción total: A menudo es la opción preferida cuando la rehabilitación se combina con un mejoramiento de los estándares que implican cambios significativos al trazado del camino. Esencialmente, la reconstrucción implica botar el material existente y construir de nuevo. En los proyectos donde los volúmenes de tráfico son altos, frecuentemente es preferible construir desvíos para evitar el problema del tráfico.

Construcción de capas adicionales: (Tanto para material granular como de material asfáltico) sobre la superficie existente: Recapados asfálticos de gran espesor a veces son la solución más sencilla a un problema estructural donde el volumen de tráfico es alto. Sin embargo, como se describió anteriormente un incremento en las cotas de superficie habitualmente produce problemas de drenaje y de acceso.

Reciclaje profundo: Hasta donde se encuentra el problema del pavimento, mediante el cual se crea una nueva capa homogénea y gruesa que puede ser reforzada con la adición de agentes estabilizadores. Capas adicionales pueden ser colocadas en la superficie de la capa reciclada. Los agentes estabilizadores son generalmente añadidos al material reciclado, especialmente donde el material del pavimento existente es marginal y requiere aumentar su resistencia. El objetivo del reciclado es recuperar la mayor cantidad de material del pavimento existente.

2.2.2. Evaluación estructural

2.2.2.1. Metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El PCI (Pavement Condition Index) es un indicador numérico que clasifica la condición de la superficie del pavimento, proporcionando una medida de la condición actual del pavimento sobre la base de deterioro observado en la superficie del pavimento, que también indica la integridad estructural y estado de la superficie operativa (localizada la rugosidad y la seguridad).

El cálculo del PCI se basa en los resultados obtenidos mediante inspección visual, en el cual se define la clase, severidad y la cantidad de fallas presentes en el pavimento. El PCI proporciona información sobre el comportamiento del pavimento para la validación o la mejora del diseño del pavimento actual y los procedimientos de mantenimiento. Representa la condición del pavimento en forma numérica, cuyo rango fluctúa entre 0 y 100. Se calificará con cero (0) a la peor condición posible, y 100 será la mejor condición posible. Basado en la normativa internacional ASTM D6433, la tabla 1 representa el rango de valores en los que se rige cada calificación.

Tabla 1*Rango de clasificación del PCI – Norma ASTM D6433*

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

Nota. El valor PCI determina el estado del pavimento. Adaptado de Vásquez (2002).

Estos valores reflejarán el deterioro causado por la carga, factores ambientales, o deficiencias en el proceso constructivo, o una combinación de estos. La tabla 2 muestra los típicos deterioros que se pueden encontrar en un pavimento flexible.

Tabla 2*Tipos de fallas consideradas en pavimentos flexibles*

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

Nota. Fallas consideradas en la metodología para evaluación. Adaptado de Vásquez (2002).

2.2.2.2. Unidad de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura. Para vías con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7,30 m: El área de la unidad de muestra debe estar en el rango $230,0 \pm 93,0 \text{ m}^2$. La tabla 3 presenta algunas relaciones longitud – ancho de la vía pavimentada.

Tabla 3

Relación longitud - ancho de calzada para unidades de muestra

Ancho de la vía (metros)	Long. de la unidad de muestra (metros)
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3	31,5

Nota. Dimensiones establecidas dentro de la metodología para realizar la evaluación. Adaptado de Vásquez (2002).

Para determinar el número mínimo de unidades de muestra a evaluar, será necesario aplicar la fórmula 1, siendo esta:

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

Siendo:

n : N° mín. de unid. de muestreo a evaluar.

N : N° total de unid. de muestreo en la sección de la vía.

e : Error admisible estimativo del PCI de la sección (e=5 %).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico.

2.2.2.3. Selección de unidades de muestreo por inspección

Se recomienda que las unidades elegidas se encuentren igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriamente sistemática), para ello se aplicará la fórmula 2, siendo esta:

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

Donde:

n : N° mín. de unid. de muestreo a evaluar.

N : N° total de unid. de muestreo en la sección de la vía.

La unidad de muestra primero en ser inspeccionado se selecciona al azar de las unidades de muestra de 1 a i. Las unidades de la muestra dentro de una sección que son incrementos sucesivos del intervalo i después de la primera unidad seleccionada al azar también se inspeccionan.

2.2.2.4. Procedimiento de inspección

En el uso de este método de prueba, se debe identificar tipos de daños con precisión el 95 % del total. Las mediciones lineales deben ser consideradas exactas cuando están dentro 10 % si se vuelve a medir, y mediciones de área debe ser considerada precisa cuando están dentro del 20 % si se vuelve a medir. Se considerará el total de cada tipo de falla en cada nivel de gravedad, y anotarlo en la sección "Niveles de gravedad total".

Posteriormente se dividirá el total de cada tipo de daño en cada nivel de gravedad, por el área total de la unidad de muestra en evaluación, y se multiplicará por 100 para así obtener el porcentaje de densidad de cada tipo y severidad de daño.

Luego determinaremos el valor de la deducción (DV) para cada tipo de dificultad y la combinación de nivel de gravedad del daño

El procedimiento para determinar CDV máximo de Valor Deducido individuales es idéntico para ambos tipos de CA y del PCC pavimento. Por consiguiente, calcularemos el número permisible de deducción "m", mediante la fórmula 3:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) (100 - HDV) \leq 10 \quad (3)$$

Donde:

m : N° permisible de deducciones incluyendo fracciones.

HDV : Valoración más alta de deducción individual.

2.2.2.5. Cálculo del PCI

Al culminar la inspección visual in situ, sobre los diferentes tipos de fallas presentes en el pavimento, se procede al cálculo del PCI. Dicha determinación se realizará mediante la identificación del máximo valor deducido. El índice de condición de pavimento de la sección se calculará restando de 100 el máximo CDV. Para ello, se aplicará la fórmula 4, que indica:

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV \quad (4)$$

Donde:

PCI: Índice de Condición del Pavimento.

Máx. CDV: Máximo valor deducido corregido.

2.2.2.6. Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

En ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos.

La prueba en si consiste en compactar el terreno en moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

El procedimiento de ejecución de la prueba CBR sugiere los siguientes pasos:

- a. Determinar la humedad optima y densidad máxima de las muestras de suelo mediante el ensayo de Proctor normal.
- b. Añadir agua a una muestra de suelo para alcanzar la humedad optima.

- c. Compactar la muestra en tres moldes de CBR estandarizados de 15,24 cm de diámetro y 17,78 cm de altura. Esta muestra se compactará en 3 capas por molde, en la que se aplicaran 12, 25 y 56 golpes respectivamente.
- d. Se enraza el molde, se desmonta y vuelve a montar invertido.
- e. Se sumerge los moldes en agua.
- f. Se coloca una placa perforada y el vástago, así como los pesos necesarios para calcular la sobrecarga estimada.
- g. Se coloca un trípode de medida sobre el borde del molde.
- h. Tomaremos las medidas diarias del microcomparador durante al menos 4 días.
- i. Sacamos las muestras del agua y procedemos a secarla exteriormente.
- j. Aplicamos la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa CBR y tomamos las lecturas de la curva de penetración.
- k. Una vez finalizado el ensayo se debe presentar los resultados en una gráfica densidad seca – índice CBR.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Conservación vial

Enfoque sistemático de utilización de una serie de tratamientos superficiales en el tiempo; un tratamiento mejora la calidad de la superficie del pavimento y extiende su vida útil de este, pero los beneficios reales de mantenimiento de pavimentos se pueden apreciar cuando hay un programa coherente para realizar el mantenimiento preventivo; los beneficios de la conservación inciden directamente en el beneficio del usuario con los ahorros de los costos de operación vehicular, ahorro en el tiempo de viaje y reducción de accidentes (Menéndez, 2013).

2.3.2. Pavimento flexible

Un pavimento flexible típico consiste en concreto asfáltico en la superficie, capa de base y sub base construida sobre la subrasante compactada; en algunos casos, la capa de sub base no se utiliza; la capa superficial está hecha de mezcla bituminosa en caliente (HMA) (también llamado concreto asfáltico); la base puede ser granular o estabilizada con asfalto, cemento portland, u otro agente estabilizador y la subbase es granular; además, la parte superior de la subrasante es a veces estabilizada con cemento o cal; el pavimento flexible distribuye la carga en una menor área y por ende el esfuerzo es transmitido hasta mayores profundidades en comparación con el pavimento rígido; a medida que aumenta la profundidad, la misma carga se distribuye sobre un área mayor

y la mayor tensión se produce en la superficie y la tensión disminuye a medida que aumenta la profundidad (Menéndez, 2013).

2.3.3. Recapeos

Los recapeos son capas delgadas de carpeta que se colocan sobre una carpeta ya existente y actúan como un tratamiento preventivo para reducir el envejecimiento, mejorar las superficies de rodadura, corregir defectos superficiales o recuperar la estructura parcial, cuando estos son de espesor mayor a 2 pulgadas suelen ser tratados como una rehabilitación de pavimento y por lo tanto su diseño debe ser efectuado como tal (Menéndez, 2013).

2.3.4. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica (MTC DG, 2018). Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera. La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos.

2.3.5. Tasa de crecimiento

Este factor se estima en base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico en el área de influencia del tramo de carretera que se reflejarán en el incremento del tráfico y también en la modificación del tipo de vehículos que circularán por el tramo. Si la tasa de crecimiento no es uniforme, se debería usar diferentes tasas de crecimiento para diferentes grupos de carga o diferentes tipos de vehículos (Menéndez, 2013).

2.3.6. Índice de Condición de Pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que permite clasificar la condición de una vía en estudio. Ofrece una medición sobre el estado actual del pavimento existente en función al deterioro visualizado en la superficie de este, denotando además la integridad estructural y el estado de la superficie operativa (ASTM D6433, 2018). El PCI, como metodología, faculta una perspectiva sobre el comportamiento al que es afecto el pavimento, permitiendo su validación mediante los resultados para así, mejorar el diseño del pavimento actual y los procedimientos de mantenimiento.

El Índice de Condición del Pavimento representa una metodología integra para evaluar y calificar de forma objetiva un pavimento flexible o rígido, dentro de los modelos de Gestión Vial presentes en la actualidad. La metodología que utiliza es práctica y de fácil ejecución, además de no requerir de herramientas especializadas fuera de las que se incluyen en el sistema (Vásquez, 2002). Los resultados se presentarán mediante un formato denotando los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se realizarán las observaciones necesarias sobre las fallas que no deben ser incluidas, a razón de su génesis o esencias ajenas a las condiciones de la zona de estudio. Al implementarse esta metodología se estará en capacidad de reconocer estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

El Índice de Condición del Pavimento brinda información fidedigna sobre las distintas clases de deterioro presentes en el pavimento, su severidad y el área afectada. Este método ofrece una adecuada confiabilidad y repetibilidad estadística sobre los resultados; metodología originalmente desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos y expuesto en el año 1978 por los Ingenieros M.Y. Shahin y S.D Khon en el Reporte N° M-268. A grandes rasgos, el procedimiento implica dividir la vía evaluada en secciones o “unidades de muestra”, cuyas dimensiones varían en función a los tipos de vía y superficie de rodamiento (Corros et al., 2009).

2.3.7. Tráfico

El tráfico es fundamental en el diseño de pavimentos. El cálculo correcto de este depende de muchos factores que pueden direccionarlo a una estimación inadecuada del mismo. Actualmente, las metodologías se justifican en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente, para luego determinar el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño de pavimento (ESAL). Esta forma de cálculo conlleva a una serie de inexactitudes en la estimación de daños, sobre todo cuando se trata de ejes simples y ejes no convencionales (Menéndez, 2013).

2.3.8. Fallas superficiales

Representan aquellos defectos en la superficie de rodamiento producto de las fallas de la capa asfáltica, sin guardar relación con la estructura de la calzada. La intervención en este tipo de fallas se efectúa con sólo regularizar la superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. Ello se logra con capas asfálticas delgadas que poco aportan desde el punto de vista estructural en forma directa (Montejo, 2002).

2.3.9. Fallas estructurales

Defectos localizados en la superficie de rodamiento cuyo raíz o procedencia radica en una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más de capas constituyentes que deben resistir las solicitaciones que se imponen para tránsito y el conjunto de factores climáticos de la zona. Para intervenir esta clase de fallas es fundamental incluir un refuerzo sobre el pavimento para que el paquete estructural reaccione correctamente a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado (Montejo, 2002).

2.3.10. Exudación

La exudación comprende una película de material bituminoso localizada en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie cristalina y reflectora que tiende a ser pegajosa. La exudación es producto del exceso de asfalto en la mezcla, así como el exceso de aplicación de algún sellante asfáltico o su vez, de un bajo contenido de vacíos de aire. Se origina cuando el asfalto ocupa los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales dando paso a que se expanda en la superficie del pavimento. A razón de que el proceso de exudación, figura 1, no es corregible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie del pavimento (Vásquez, 2002).

Figura 1

Exudación



Nota. Tipo de falla presente en los pavimentos flexibles. Adaptado de Corros et al. (2009).

2.3.11. Grietas longitudinales y transversales

Según Vásquez (2002), Las grietas longitudinales son fisuras paralelas al eje del pavimento o al sentido de construcción, que pueden ser ocasionadas por:

- Una junta de carril construida con bajos estándares de calidad.
- La contracción de la superficie de concreto asfáltico a razón de la variación de la temperatura, o al endurecimiento del asfalto.
- Una grieta de reflexión originada por un fisuramiento en la capa base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales, figura 2, son fisuras lineales localizadas en el eje del mismo o en dirección de construcción. Generalmente esta clase de grietas no está relacionada a las cargas vehiculares.

Figura 2

Grietas longitudinales



Nota. Tipo de falla presente en los pavimentos flexibles. Adaptado de Corros et al. (2009).

2.3.12. Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo, figura 3, consta de fisuras que conforman polígonos irregulares de ángulos agudos. Inicialmente poco graves en forma de polígonos incompletos trazados en la superficie por fisuras cerradas. La magnitud de las fisuras aumenta posteriormente bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Estas se abren y extienden en mayor medida, además de perder material en sus bordes (MTC, 2018).

Figura 3*Piel de cocodrilo*

Nota. Tipo de falla presente en pavimentos flexibles. Adaptado de Corros et al. (2009).

2.3.13. Parchado

Intervenciones que tienen como objeto la mitigación de los defectos del pavimento de forma provisional o definitiva: su número, su frecuencia y extensión son elementos del diagnóstico. Una reparación reciente, como se muestra en la figura 4, revela un problema, reparaciones que son más frecuentes lo subrayan. Este tipo de intervenciones en el pavimento deben ser evaluadas al momento del examen visual, dado que algunas de ellas son tomadas en consideración para determinar la condición del pavimento (MTC, 2018).

Figura 4*Parchados*

Nota. Tipo de falla presente en los pavimentos flexibles. Adaptado de Corros et al. (2009).

2.3.14. Baches (huecos)

Los baches son consecuencia normalmente del deterioro o de la destrucción de la capa de rodadura; cuando aparecen, su tamaño es pequeño; por la falta de mantenimiento ellos aumentan y se reproducen en cadena, muchas veces con una distancia igual al perímetro de una rueda de camión (MTC, 2018). La figura 5 muestra el grado de deterioro presente en una vía que es afecta a esta clase de fallas.

Figura 5

Hueco



Nota. Tipo de falla presente en los pavimentos flexibles.
Adaptado de Corros et al. (2009).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

Tipo de investigación aplicada, que busca la aplicación de los conocimientos teóricos científicos a la solución de un problema práctico e inmediato, a través de la construcción, transformación y/o modificación de la realidad concreta.

El nivel de investigación es descriptivo, busca describir la realidad, los tipos de fallas, daños a través de la superficie del pavimento flexible con el fin de realizar el análisis y procesamiento.

3.2. Acciones y actividades

Se llevó a cabo el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), siendo un proceso que conllevó a efectuar la medición sobre el estado actual de los pavimentos asfálticos para la determinación de parámetros por formatos de recolección de datos.

3.3. Materiales y/o instrumentos

1. Recopilación de datos.
 - Inspeccionar visualmente in situ la Av. Jorge Basadre Grohmann.
 - Cuantificar las patologías presentes en la superficie del pavimento.
2. Procesamiento y análisis de datos.
 - Clasificar la información obtenida.
 - Realizar los cálculos respectivos.
3. Obtención de resultados.
 - Determinar el PCI según ASTM D6433.
4. Clasificar y graficar los datos.
 - Clasificar los resultados según el método PCI.
5. Comentario de los resultados obtenidos.
 - Plantear alternativas de solución.
6. Discusión de resultados.
7. Elaboración de conclusiones.
8. Redacción del informe final.
9. Presentación del estudio.

3.4. Población y/o muestra de estudio

La población en estudio es la que se verá afectada por el desarrollo de la evaluación en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Tarata – Av. Pinto; este es un pavimento flexible compuesto por dos calzadas en sentidos opuestos, con triple carril en cada una de ellas, teniendo una longitud aproximada de 750,00 m. La figura 6 detalla cuales son los tramos que estarán sujetos a estudio.

Figura 6

Ubicación del tramo en estudio Av. Jorge Basadre G. Tramo Av. Tarata - Av. Pinto



Nota. Trayecto vial de la Av. Jorge Basadre G., distrito de Alto de la alianza. Fuente. Obtenido de Google Earth (2018).

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable dependiente

Propuesta de rehabilitación.

3.5.1.1. Indicadores

- Estudio de Tráfico.
- Resultados de evaluación estructural.
- Factores externos.

3.5.2. Variable independiente

Evaluación estructural.

3.5.2.1. Indicadores

- Estudio de tráfico.
- Factores externos
- Índice de condición de pavimento (PCI)
- Tipo de fallas
- Resultados de evaluación estructural.
- Registro exploratorio: Calicatas
- Ensayo equivalente de arena
- Proctor modificado
- Ensayo CBR

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

Para realizar la verificación de muestras y procesamiento de datos, se utilizaron formatos establecidos por en el manual del método PCI. Los resultados se presentaron a través de gráficos, histogramas, tablas de registro, gráfico de barras y cuadros comparativos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Mediante inspección visual se identificó las distintas patologías presentes en cada unidad de muestra del pavimento de la Av. Circunvalación norte tramo Av. Tarata – Av. Pinto, pudiendo así determinar los índices de condición de pavimento de cada las áreas.

4.1.1. Resultados del Tramo I: Av. Pinto - Av. Tarata

4.1.1.1. Unidad de muestra 01

Figura 7

Hoja de registro de la unidad de muestra 01 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI																														
HOJA DE REGISTRO																														
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA																												
Av. Jorge Basadre G		U-01																												
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA																												
Bach. Luis Armando Adco Mamani		323 m ²																												
INICIO		SECCIÓN																												
+00+000		Tramo 01																												
FIN		FECHA																												
+00+030		21 de enero del 2019																												
<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de Cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Parcheo</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de Borde</td> <td>12. Pulimiento de Agregados</td> <td>17. Grieta Parabólica</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en Bloque</td> <td>8. Fisura de Reflexión de Junta</td> <td>13. Huecos</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel Carril/Berma</td> <td>14. Cruce de Via Férrea</td> <td>19. Desprendimiento de Agregados</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras Longitudinales y transversales</td> <td>15. Ahuellamiento</td> <td></td> </tr> </table>											1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimiento de Agregados	17. Grieta Parabólica	3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Via Férrea	19. Desprendimiento de Agregados	5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento	
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento																											
2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimiento de Agregados	17. Grieta Parabólica																											
3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento																											
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Via Férrea	19. Desprendimiento de Agregados																											
5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento																												
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.																			
19	M	190,00							190,00	58,82	37																			
10	M	4,90	2,40						7,30	2,26	7																			
10	L	11,20	2,90						14,10	4,37	3																			

Max V.D. = 37

Tabla 4

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 01

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	37	7	3	-	-	-	-	47	3	29
2	37	7	2	-	-	-	-	46	2	34
3	37	2	2	-	-	-	-	41	1	41


PCI = 59

RANGO = BUENO

4.1.1.2. Unidad de muestra 03

Figura 8

Hoja de registro de la unidad de muestra 03 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-03								
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco Mamani		ÁREA DE MUESTRA 323 m ²								
INICIO +00 + 075		SECCIÓN Tramo 01								
FIN +00 + 105		FECHA 21 de enero del 2019								
1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica 3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento 4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados 5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	H	198,00						198,00	61,30	72
17	M	3,91						3,91	1,21	12
11	M	1,02						1,02	0,32	5
10	M	2,80						2,80	0,87	4
10	H	3,50						3,50	1,08	10

Max V.D. = 72

Tabla 5

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 03

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	72	12	10	5	4	-	-	-	103	5	54
2	72	12	10	5	2	-	-	-	101	4	58
3	72	12	10	2	2	-	-	-	98	3	62
4	72	12	2	2	2	-	-	-	90	2	64
5	72	2	2	2	2	-	-	-	80	1	80

PCI = 20

RANGO = MUY MALO

4.1.1.3. Unidad de muestra 05

Figura 9

Hoja de registro de la unidad de muestra 05 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-05								
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 270 m ²								
PROGRESIVA INICIAL 00 + 150		SECCIÓN Tramo 01								
PROGRESIVA FINAL 00 + 180		FECHA 21 de enero del 2019								
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
10	H	6,80						6,80	2,52	16
13	M	0,06	0,08	0,06				0,20	0,07	26
11	M	21,34						21,34	7,90	29
19	M	237,00						237,00	87,78	43

Max V.D. = 43

Tabla 6

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 05

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	43	29	26	16	-	-	-	-	114	4	66
2	43	29	26	2	-	-	-	-	100	3	64
3	43	29	2	2	-	-	-	-	76	2	55
4	43	20	2	2	-	-	-	-	67	1	67

PCI = 33

RANGO = MALO

4.1.1.4. Unidad de muestra 07

Figura 10

Hoja de registro de la unidad de muestra 07 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI														
HOJA DE REGISTRO														
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-07												
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 276 m ²												
PROGRESIVA INICIAL +00 + 225		SECCIÓN Tramo 01												
PROGRESIVA FINAL +00 + 255		FECHA 21 de enero del 2019												
1. Piel de Cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en Bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación				6. Depresión 7. Fisura de Borde 8. Fisura de Reflexión de Junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Fisuras Longitudinales y transversales				11. Parcheo 12. Pulimiento de Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Férrea 15. Ahuellamiento				16. Desplazamiento 17. Grieta Parabólica 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de Agregados		
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.			
19	M	276,00							276,00	100,00	44			

Max V. D. = 44

Tabla 7

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 07

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	44	-	-	-	-	-	-	-	44	1	44

PCI = 56

RANGO = BUENO

4.1.1.5. Unidad de muestra 09

Figura 11

Hoja de registro de la unidad de muestra 09 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-09								
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 276 m ²								
INICIO 00+300		SECCIÓN Tramo 01								
FIN 00+330		FECHA 21 de enero del 2019								
1. Piel de Cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en Bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación			6. Depresión 7. Fisura de Borde 8. Fisura de Reflexión de Junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Fisuras Longitudinales y transversales			11. Parcheo 12. Pulimiento de Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Férrea 15. Ahuellamiento			16. Desplazamiento 17. Grieta Parabólica 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de Agregados	
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
11	M	26,25						26,25	9,51	31
19	M	231,00	18,75					249,75	90,49	44

Max V.D. = 44

Tabla 8

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 09

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	44	31	-	-	-	-	-	75	2	55
2	31	2	-	-	-	-	-	33	1	33

PCI = 45

RANGO = REGULAR

4.1.1.6. Unidad de muestra 11

Figura 12

Hoja de registro de la unidad de muestra 11 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.			UNIDAD DE MUESTRA U-11							
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.			ÁREA DE MUESTRA 276 m ²							
INICIO +00 + 375			SECCIÓN Tramo 01							
FIN +00 + 405			FECHA 21 de enero del 2019							
1. Piel de Cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo			16. Desplazamiento	
2. Exudación			7. Fisura de Borde			12. Pulimiento de Agregados			17. Grieta Parabólica	
3. Fisuras en Bloque			8. Fisura de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento	
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel Carril/Berma			14. Cruce de Via Férrea			19. Desprendimiento de Agregados	
5. Corrugación			10. Fisuras Longitudinales y transversales			15. Ahuellamiento				
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	M	249,00						249,00	90,22	43
13	H	0,25	0,16	0,14				0,55	0,20	26
10	M	6,00	2,10	1,90				10,00	3,62	10
7	M	4,00						4,00	1,45	7
4	M	30,00						30,00	10,87	19
1	H	3,99						3,99	1,45	34

Max V.D. = 43

Tabla 9

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 11

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	43	34	26	19	10	7	- -	139	6	68
2	43	34	26	19	10	2	- -	134	5	70
3	43	34	26	19	2	2	- -	126	4	72
4	43	34	26	2	2	2	- -	109	3	68
5	43	34	2	2	2	2	- -	85	2	61
6	43	2	2	2	2	2	- -	53	1	53

PCI = 28

RANGO = MALO

4.1.1.7. Unidad de muestra 13

Figura 13

Hoja de registro de la unidad de muestra 13, de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-13									
EJECTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		276 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
00 + 450		Tramo 01									
FIN		FECHA									
00 + 480		21 de enero del 2019									
1. Piel de Cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Fisura de Borde			12. Pulimento de Agregados			17. Grieta Parabólica		
3. Fisuras en Bloque			8. Fisura de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel Carril/Berma			14. Cruce de Vía Férrea			19. Desprendimiento de Agregados		
5. Corrugación			10. Fisuras Longitudinales y transversales			15. Ahuellamiento					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.	
19	M	264,00					264,00	95,65	44		
13	H	1,12	0,12				1,24	0,45	38		
10	M	3,10					3,10	1,12	4		
11	M	4,08	2,85				6,93	2,51	17		
4	M	26,90					26,90	9,75	40		
1	M	1,36					1,36	0,49	15		

Max V. D. = 44

Tabla 10

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 13

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	44	40	38	17	15	4	-	-	158	6	75
2	44	40	38	17	15	2	-	-	156	5	80
3	44	40	38	17	2	2	-	-	143	4	80
4	44	40	38	2	2	2	-	-	128	3	78
5	44	40	2	2	2	2	-	-	92	2	66
6	44	2	2	2	2	2	-	-	54	1	54

PCI = 20

RANGO = MUY MALO

4.1.1.8. Unidad de muestra 15

Figura 14

Hoja de registro de la unidad de muestra 15 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-15									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		276 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
00 + 525		Tramo 01									
FIN		FECHA									
00 + 555		22 de enero del 2019									
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.	
19	M	258,00						258,00	93,48	44	
10	M	11,50	5,30					16,80	6,09	13	
1	M	12,42	6,24					18,66	6,76	42	
13	H	0,18	0,66					0,84	0,30	32	
11	M	5,11						5,11	1,85	11	
4	M	2,90						2,90	1,05	12	

Max V.D. = 44

Tabla 11

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 15

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	44	42	32	13	12	11	- -	154	6	75
2	44	42	32	13	12	2	- -	145	5	75
3	44	42	32	13	2	2	- -	135	4	76
4	44	42	32	2	2	2	- -	124	3	76
5	44	42	2	2	2	2	- -	94	2	67
6	44	2	2	2	2	2	- -	54	1	54

PCI = 24

RANGO = MUY MALO

4.1.1.9. Unidad de muestra 17

Figura 15

Hoja de registro de la unidad de muestra 17 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-17								
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 279 m ²								
INICIAL 00 + 600		SECCIÓN Tramo 01								
FINAL 00 + 630		FECHA 22 de enero del 2019								
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica 3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento 4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados 5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	H	258,00						258,00	92,47	77
13	H	0,80	2,40	0,20				3,40	1,22	55
10	H	11,80						11,80	4,23	21
11	M	3,60						3,60	1,29	10

Max V.D. = 77

Tabla 12

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 17

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	77	55	21	10	-	-	-	-	163	4	88
2	77	55	21	2	-	-	-	-	155	3	90
3	77	55	2	2	-	-	-	-	136	2	90
4	77	2	2	2	-	-	-	-	83	1	83


PCI = 10

RANGO = MUY MALO

4.1.1.10.Unidad de muestra 19

Figura 16

Hoja de registro de la unidad de muestra 19 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA								
Av. Jorge Basadre G.		U-19								
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA								
Bach. Luis Armando Adco M.		323 m ²								
INICIAL		SECCIÓN								
00 + 675		Tramo 01								
FINAL		FECHA								
00 + 705		22 de enero del 2019								
										
1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica 3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento 4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados 5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	M	302,29					302,29	93,59	43	
11	M	9,43	1,44	9,84			20,71	6,41	25	
13	H	0,81					0,81	0,25	28	
10	M	6,60					6,60	2,04	7	
3	M	121,90					121,90	37,74	31	
13	M	0,30	9,23				9,53	2,95	52	

Max V.D. = 52

Tabla 13

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 19

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	52	43	31	28	25	7	-	186	6	86
2	52	43	31	28	25	2	-	181	5	89
3	52	43	31	28	2	2	-	158	4	86
4	52	43	31	2	2	2	-	132	3	80
5	52	43	2	2	2	2	-	103	2	72
6	52	2	2	2	2	2	-	62	1	62


PCI = 11

RANGO = MUY MALO

4.1.1.11. Unidad de muestra 20

Figura 17

Hoja de registro de la unidad de muestra 20 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA								
Av. Jorge Basadre G.		U-20								
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA								
Bach. Luis Armando Adco M.		323 m ²								
PROGRESIVA INICIAL		SECCIÓN								
00 + 705		Tramo 01								
PROGRESIVA FINAL		FECHA								
00 + 735		22 de enero del 2019								
										
1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica 3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento 4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados 5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	M	274,23					274,23	84,90	42	
3	M	92,00					92,00	28,48	27	
11	M	5,36	18,00	25,42			48,78	15,10	35	
1	M	1,80	7,92				9,72	3,01	33	
10	M	6,80					6,80	2,11	7	
4	L	11,00					11,00	3,41	8	
13	H	0,65					0,65	0,20	25	

Max V.D. = 42

Tabla 14

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 20

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.	
1	42	35	33	27	25	8	7	-	177	7	79
2	42	35	33	27	25	8	2	-	172	6	82
3	42	35	33	27	25	2	2	-	166	5	84
4	42	35	33	27	2	2	2	-	143	4	85
5	42	35	33	2	2	2	2	-	118	3	74
6	42	35	2	2	2	2	2	-	87	2	62
7	42	2	2	2	2	2	2	-	54	1	54

PCI = 15

RANGO = MUY MALO

4.1.2. Resultados del Tramo II: Av. Tarata - Av. Pinto

4.1.2.1. Unidad de muestra 21

Figura 18

Hoja de registro de la unidad de muestra 21 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-21									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		264 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
00 + 000		Tramo 02									
FIN		FECHA									
00 + 030		23 de enero del 2019									
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
11	M	27,72	9,90					37,62	14,25	35	
19	M	88,44						88,44	33,50	30	
3	M	26,88						26,88	10,18	18	
10	M	2,80	3,10					5,90	2,23	8	
4	L	1,70	0,30					2,00	0,76	3	

Max V.D. = 35

Tabla 15

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 21

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	35	30	18	8	3	-	-	94	5	49
2	35	30	18	8	2	-	-	93	4	53
3	35	30	18	2	2	-	-	87	3	56
4	35	30	2	2	2	-	-	71	2	52
5	35	2	2	2	2	-	-	43	1	43


PCI = 44

RANGO = REGULAR

4.1.2.2. Unidad de muestra 22

Figura 19

Hoja de registro de la unidad de muestra 22 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA								
Av. Jorge Basadre G.		U-22								
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA								
Bach. Luis Armando Adco M.		264 m ²								
INICIAL		SECCIÓN								
00+030		Tramo 02								
FINAL		FECHA								
00+060		23 de enero del 2019								
										
1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimiento de Agregados 17. Grieta Parabólica 3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento 4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Via Férrea 19. Desprendimiento de Agregados 5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
11	M	2,40					2,40	0,91	9	
10	M	30,00	14,80	14,80	2,7		62,30	23,60	28	
3	M	7,84					7,84	2,97	8	
1	M	5,25					5,25	1,99	29	
4	M	3,40					3,40	1,29	14	
19	M	171,00					171,00	64,77	39	

Max V. D. = 39

Tabla 16

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 22

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	35	30	18	8	3	-	-	-	94	5	49
2	35	30	18	8	2	-	-	-	93	4	53
3	35	30	18	2	2	-	-	-	87	3	56
4	35	30	2	2	2	-	-	-	71	2	52
5	35	2	2	2	2	-	-	-	43	1	43


PCI = 34

RANGO = MALO

4.1.2.3. Unidad de muestra 24

Figura 20

Hoja de registro de la unidad de muestra 24 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI																														
HOJA DE REGISTRO																														
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA																												
Av. Jorge Basadre G.		U-24																												
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA																												
Bach. Luis Armando Adco M.		267 m ²																												
INICIO		SECCIÓN																												
00 + 105		Tramo 02																												
FINAL		FECHA																												
00 + 135		23 de enero del 2019																												
																														
<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de Cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Parcheo</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de Borde</td> <td>12. Pulimento de Agregados</td> <td>17. Grieta Parabólica</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en Bloque</td> <td>8. Fisura de Reflexión de Junta</td> <td>13. Huecos</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel Carril/Berma</td> <td>14. Cruce de Vía Férrea</td> <td>19. Desprendimiento de Agregados</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras Longitudinales y transversales</td> <td>15. Ahuellamiento</td> <td></td> </tr> </table>											1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimento de Agregados	17. Grieta Parabólica	3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Vía Férrea	19. Desprendimiento de Agregados	5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento	
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento																											
2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimento de Agregados	17. Grieta Parabólica																											
3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento																											
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Vía Férrea	19. Desprendimiento de Agregados																											
5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento																												
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.																			
11	L	5,28	1,60	2,4				9,28	3,48	7																				
19	L	267,00						267,00	100,00	18																				
13	H	0,15	0,04	0,09				0,28	0,10	20																				

Max V.D. = 20

Tabla 17

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 24

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	20	18	7	-	-	-	-	-	45	3	28
2	20	18	2	-	-	-	-	-	40	2	30
3	20	2	2	-	-	-	-	-	24	1	24

PCI = 70

RANGO = BUENO

4.1.2.4. Unidad de muestra 26

Figura 21

Hoja de registro de la unidad de muestra 26 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-26									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		294 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
+00 + 180		Tramo 02									
FINAL		FECHA									
+00 + 210		23 de enero del 2019									
											
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
6	L	3,91						3,91	1,33	5	
19	L	294,00						294,00	100,00	18	

Max V. D. = 18

Tabla 18

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 26

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	18	5	-	-	-	-	-	23	2	16
2	18	2	-	-	-	-	-	20	1	20

PCI = 80

RANGO = MUY BUENO

4.1.2.5. Unidad de muestra 28

Figura 22

Hoja de registro de la unidad de muestra 28 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-28								
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 267 m ²								
INICIO 00 + 255		SECCIÓN Tramo 02								
FIN 00 + 285		FECHA 24 de enero del 2019								
1. Piel de Cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento				
2. Exudación		7. Fisura de Borde		12. Pulimento de Agregados		17. Grieta Parabólica				
3. Fisuras en Bloque		8. Fisura de Reflexión de Junta		13. Huecos		18. Hinchamiento				
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel Carril/Berma		14. Cruce de Vía Férrea		19. Desprendimiento de Agregados				
5. Corrugación		10. Fisuras Longitudinales y transversales		15. Ahuellamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
10	M	2,30	0,50					2,80	1,05	3
19	L	267,00						267,00	100,00	18

Max V.D. = 18

Tabla 19

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 28

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	18	3	-	-	-	-	-	21	2	15
2	18	2	-	-	-	-	-	20	1	20

PCI = 80

RANGO = MUJ BUENO

4.1.2.6. Unidad de muestra 30

Figura 23

Hoja de registro de la unidad de muestra 30, de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA								
Av. Jorge Basadre G.		U-30								
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA								
Bach. Luis Armando Adco M.		267 m ²								
INICIO		SECCIÓN								
00 + 330		Tramo 02								
FINAL		FECHA								
00 + 360		24 de enero del 2019								
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>										
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
10	M	1,80						1,80	0,67	3
19	L	267,00						267,00	100,00	18

Max V. D. = 18

Tabla 20

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 30

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	18	3	-	-	-	-	-	21	2	15
2	18	2	-	-	-	-	-	20	1	20


PCI = 80

RANGO = MUY BUENO

4.1.2.7. Unidad de muestra 32

Figura 24

Hoja de registro de la unidad de muestra 32 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-32									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		273 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
+00 + 405		Tramo 02									
FINAL		FECHA									
+00 + 435		24 de enero del 2019									
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
11	H	37,26							37,26	13,65	53
19	L	108,29							108,29	39,67	12
11	M	164,71							164,71	60,33	28

Max V. D. = 53

Tabla 21

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 32

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	53	28	12	-	-	-	-	93	3	60
2	53	28	2	-	-	-	-	83	2	60
3	53	2	2	-	-	-	-	57	1	57


PCI = 40

RANGO = MALO

4.1.2.8. Unidad de muestra 34

Figura 25

Hoja de registro de la unidad de muestra 34 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI																														
HOJA DE REGISTRO																														
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA																												
Av. Jorge Basadre G.		U-34																												
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA																												
Bach. Luis Armando Adco M.		273 m ²																												
INICIO		SECCIÓN																												
00 + 480		Tramo 02																												
FINAL		FECHA																												
00 + 510		24 de enero del 2019																												
																														
<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de Cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Parcheo</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de Borde</td> <td>12. Pulimento de Agregados</td> <td>17. Grieta Parabólica</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en Bloque</td> <td>8. Fisura de Reflexión de Junta</td> <td>13. Huecos</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel Carril/Berma</td> <td>14. Cruce de Vía Férrea</td> <td>19. Desprendimiento de Agregados</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras Longitudinales y transversales</td> <td>15. Ahuellamiento</td> <td></td> </tr> </table>											1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimento de Agregados	17. Grieta Parabólica	3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Vía Férrea	19. Desprendimiento de Agregados	5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento	
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento																											
2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimento de Agregados	17. Grieta Parabólica																											
3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento																											
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Vía Férrea	19. Desprendimiento de Agregados																											
5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento																												
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.																				
13	M	0,41	0,81	1,17	0,3		2,69	0,98	30																					
19	L	273,00					273,00	100,00	18																					

Max V.D. = 30

Tabla 22

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 34

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	30	18	-	-	-	-	-	-	48	2	36
2	30	2	-	-	-	-	-	-	32	1	32

PCI = 64

RANGO = BUENO

4.1.2.9. Unidad de muestra 36

Figura 26

Hoja de registro de la unidad de muestra 36, de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Basadre G.		UNIDAD DE MUESTRA U-36									
EJECUTOR Bach. Luis Armando Adco M.		ÁREA DE MUESTRA 276 m ²									
INICIO +00 + 555		SECCIÓN Tramo 02									
FINAL +00 + 585		FECHA 24 de enero del 2019									
1. Piel de Cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Fisura de Borde			12. Pulimento de Agregados			17. Grieta Parabólica		
3. Fisuras en Bloque			8. Fisura de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel Carril/Berma			14. Cruce de Via Férrea			19. Desprendimiento de Agregados		
5. Corrugación			10. Fisuras Longitudinales y transversales			15. Ahuellamiento					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
19	L	276,00	1,45					277,45	100,53	18	

Max V.D. = 18

Tabla 23

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 36

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	18	-	-	-	-	-	-	18	1	18

PCI = 82

RANGO = MUY BUENO

4.1.2.10. Unidad de muestra 38

Figura 27

Hoja de registro de la unidad de muestra 38 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-38									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		276 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
00+630		Tramo 02									
FINAL		FECHA									
00+660		24 de enero del 2019									
1. Piel de Cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Fisura de Borde			12. Pulimento de Agregados			17. Grieta Parabólica		
3. Fisuras en Bloque			8. Fisura de Reflexión de Junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel Carril/Berma			14. Cruce de Vía Férrea			19. Desprendimiento de Agregados		
5. Corrugación			10. Fisuras Longitudinales y transversales			15. Ahuellamiento					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.	
19	L	276,00						276,00	100,00	18	

Max V. D. = 18

Tabla 24

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 38

No.	Valores Deducidos							Total	q	V. D. C.
1	18	-	-	-	-	-	-	18	1	18

PCI = 82

RANGO = MUY BUENO

4.1.2.11. Unidad de muestra 40

Figura 28

Hoja de registro de la unidad de muestra 40 de la Av. Circunvalación norte

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VIA		UNIDAD DE MUESTRA									
Av. Jorge Basadre G.		U-40									
EJECUTOR		ÁREA DE MUESTRA									
Bach. Luis Armando Adco M.		276 m ²									
INICIO		SECCIÓN									
00 + 705		Tramo 02									
FINAL		FECHA									
00 + 735		24 de enero del 2019									
<p>1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parcheo 16. Desplazamiento</p> <p>2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Pulimento de Agregados 17. Grieta Parabólica</p> <p>3. Fisuras en Bloque 8. Fisura de Reflexión de Junta 13. Huecos 18. Hinchamiento</p> <p>4. Abultamientos y hundimientos 9. Desnivel Carril/Berma 14. Cruce de Vía Férrea 19. Desprendimiento de Agregados</p> <p>5. Corrugación 10. Fisuras Longitudinales y transversales 15. Ahuellamiento</p>											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	V. D.
10	M	30,00						30,00	10,87	19	
19	M	276,00						276,00	100,00	44	
10	H	2,10						2,10	0,76	8	

Max V.D. = 44

Tabla 25

Cálculo del PCI de la unidad de muestra 40

No.	Valores Deducidos								Total	q	V. D. C.
1	44	19	8	-	-	-	-	-	71	3	45
2	44	19	2	-	-	-	-	-	65	2	48
3	44	2	2	-	-	-	-	-	48	1	48

PCI = 52

RANGO = REGULAR

4.2. CBR (California Bearing Ratio)

4.2.1. CBR - Calicata 01

Tabla 26

Ensayo de CBR – calicata 01

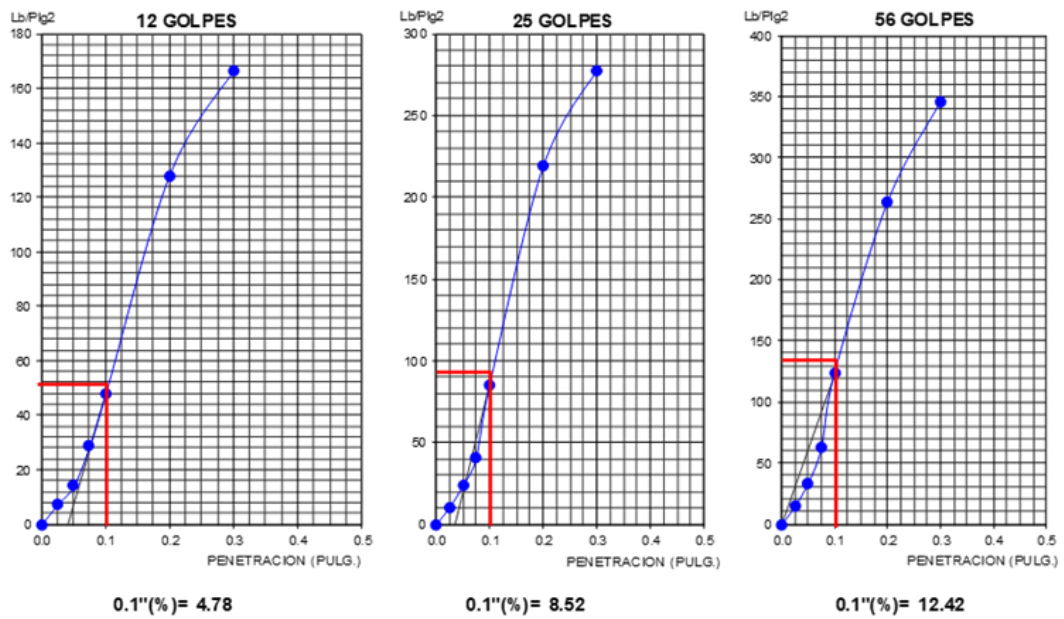
Método ASTM D - 1883									
Ensayo de CBR	Molde								
	1			2			3		
Nro. Golpes por capa	12			25			56		
Cond. de la muestra	Sat.			Sat.			Sat.		
Peso molde + suelo húmedo	10921			11274			11378		
Peso del Molde	7019			7104			6984		
Peso del Suelo húmedo	3902			4170			4394		
Volumen del Suelo Molde	2307			2307			2307		
Densidad húmeda	1,691			1,808			1,905		
% de humedad	15,18			15,10			15,14		
Densidad seca	1,468			1,570			1,654		
Tara Nro.	1			2			3		
Tara + suelo húmedo	306,50			301,80			677,30		
Tara + suelo seco	266,10			262,20			612,50		
Peso del agua	40,40			39,60			64,80		
Peso de tara	0,00			0,00			0,00		
Peso del suelo seco	266,10			262,20			612,50		
% de humedad	15,18			15,10			15,14		
Promedio de humedad	15,18			15,10			15,14		

Penetración	Molde								
	1			2			3		
	Lectura	Corrección		Lectura	Corrección		Lectura	Corrección	
Pulg.	Dial	Libras	Lbs/pg ²	Dial	Libras	Lbs/pg ²	Dial	Libras	Lbs/pg ²
0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	10	22	7	14	31	10	20	44	15
0,050	19	42	14	32	71	24	46	101	34
0,075	39	86	29	55	121	40	85	187	62
0,100	65	143	48	116	256	85	169	373	124
0,200	174	384	128	298	657	219	359	791	264
0,300	226	498	166	378	833	278	470	1036	345

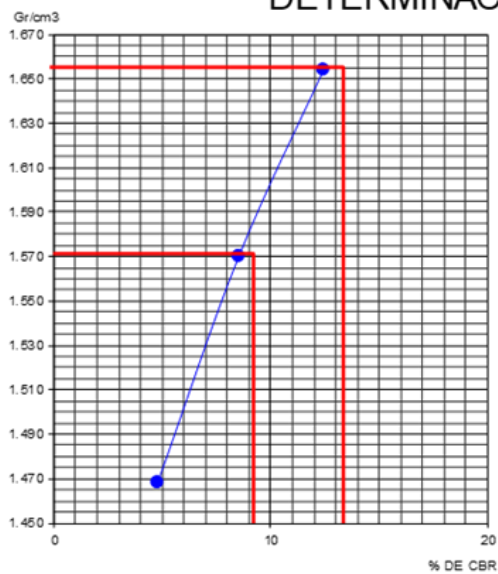
Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana (1999).

Figura 29

Determinación de CBR – calicata 01



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1.652	gr/cc.
Optimo humedad:	15.0	%

CBR A 0.1"	5%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	12%	AL 100% MDS

Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana (1999).

4.2.2. CBR - Calicata 02

Tabla 27

Ensayo de CBR – calicata 02

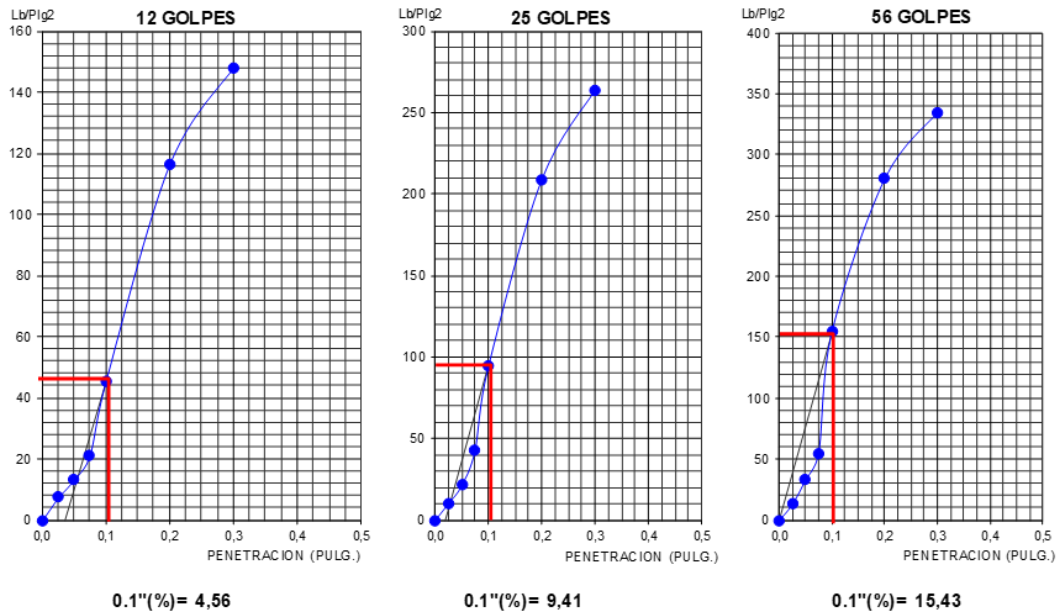
Método ASTM D - 1883									
Ensayo de CBR	Molde								
	1			2			3		
Nro. Golpes por capa	12			25			56		
Cond. de la muestra	Sat.			Sat.			Sat.		
Peso molde + suelo húmedo	11001			11348			11453		
Peso del Molde	7019			7104			6984		
Peso del Suelo húmedo	3982			4244			4469		
Volumen del Suelo Molde	2307			2307			2307		
Densidad húmeda	1,726			1,840			1,937		
% de humedad	14,92			14,91			14,89		
Densidad seca	1,502			1,601			1,686		
Tara Nro.	1			2			3		
Tara + suelo húmedo	320,40			315,90			335,60		
Tara + suelo seco	278,80			274,90			292,10		
Peso del agua	41,60			41,00			43,50		
Peso de tara	0,00			0,00			0,00		
Peso del suelo seco	278,80			274,90			292,10		
% de humedad	14,92			14,91			14,89		
Promedio de humedad	14,92			14,91			14,89		

Penetración	Molde								
	1			2			3		
	Lectura		Corrección	Lectura		Corrección	Lectura		Corrección
Pulg.	Dial	Libras Lbs/pg ²	Dial	Libras Lbs/pg ²	Dial	Libras Lbs/pg ²	Dial	Libras Lbs/pg ²	
0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	10	22	7	14	31	10	18	40	13
0,050	18	40	13	29	64	21	45	99	33
0,075	29	64	21	58	128	43	75	165	55
0,100	62	137	46	128	282	94	210	463	154
0,200	158	348	116	284	626	209	381	840	280
0,300	201	443	148	359	791	264	455	1003	334

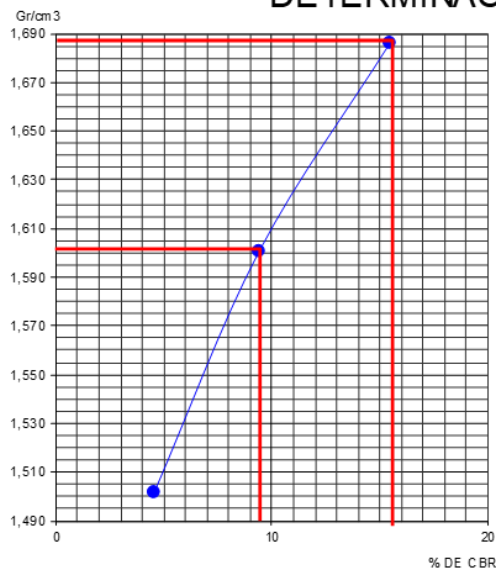
Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana (1999).

Figura 30

Determinación de CBR – calicata 02



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1,685	gr/cc.
Optimo humedad:	14,8	%

CBR A 0.1"	8%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	15%	AL 100% MDS

Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana (1999).

4.3. Diseño del Pavimento Flexible

El presente diseño se efectuó para la Av. Circunvalación tramo I, donde se consideraron valores relativos de CBR (California Bearing Ratio), de las muestras extraídas de las calicatas realizadas para este fin. La tabla 28 detalla los valores de CBR obtenidos.

4.3.1. Datos de CBR

Tabla 28

Valores de CBR para diseño

Resultados	(%)
Valor Máximo de CBR	15
Valor mínimo de CBR	12
Valor de CBR para diseño	12

Nota. Datos obtenidos de los ensayos realizados.

4.3.2. Cálculo del Índice Medio Diario (IMD)

Determinamos la clasificación vehicular, volumen de tránsito diario, intensidad media semanal y cálculo de volumen de tránsito promedio anual. El conteo comprendió una duración de 24 horas durante 7 días en ambas direcciones.

Tabla 43*Resumen de tráfico vehicular del tramo I*

Tipo de vehículo	Tráfico vehículos en dos sentidos por día							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Semana
Motos	1,704,00	1,560,00	1,607,00	1,639,00	1,598,00	1,916,00	1,656,00	11,680,00
Autos	7,274,00	7,215,00	7,163,00	7,138,00	7,074,00	7,494,00	7,198,00	50,556,00
Station Wagon	433,00	421,00	403,00	392,00	320,00	291,00	402,00	2,662,00
Pick Up	417,00	426,00	418,00	436,00	348,00	302,00	350,00	2,697,00
Panel	135,00	143,00	152,00	157,00	159,00	114,00	123,00	983,00
Combi	1,231,00	1,219,00	1,205,00	1,216,00	1,164,00	1,169,00	1,197,00	8,401,00
Micro	1,290,00	1,273,00	1,281,00	1,268,00	1,262,00	1,271,00	1,294,00	8,939,00
Bus 2E =B2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bus 3E =B3	36,00	43,00	32,00	31,00	37,00	29,00	26,00	234,00
Camión 2E =C2	201,00	138,00	143,00	182,00	169,00	160,00	173,00	1,166,00
Camión 3E =C3	93,00	80,00	85,00	72,00	66,00	62,00	74,00	532,00
Camión 4E = C4	51,00	45,00	57,00	50,00	66,00	47,00	47,00	363,00
Semi tráiler 2S1/2S2 =TS1	22,00	23,00	21,00	26,00	25,00	26,00	21,00	164,00
Semi tráiler 2S3 =T2S3	41,00	29,00	28,00	35,00	36,00	33,00	31,00	233,00
Semi tráiler 3S1/3S2 =T3S1	31,00	27,00	30,00	32,00	28,00	27,00	27,00	202,00
Semi tráiler >= 3S3 =T3S3	57,00	64,00	68,00	68,00	62,00	68,00	70,00	457,00
Tráiler 2T2 =T2S2	20,00	25,00	23,00	29,00	19,00	20,00	17,00	153,00
Tráiler 2T3 =T2S3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tráiler 3T2 =T3S2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tráiler 3T3 =T3S3	19,00	15,00	22,00	23,00	17,00	18,00	23,00	137,00
Total	13,055,00	12,746,00	12,738,00	12,794,00	12,450,00	13,047,00	12,729,00	

Tabla 46

Conteo vehicular tramo II – Martes A

Hora		Conteo y clasificación- Martes																				Total		
		Motos	Autos	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus			Camión				Semi trailer			Trailer					
Pick Up	Panel				Rural	2-E	3-E		2-E	3-E	4-E	2-S1/2-S2	2-S3	3-S1/3-S2	>= 3-S3	2-T2	2-T3	3-T2	3-T3					
12:00 a.m.	12:15 a.m.	1	31	1	1	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
12:15 a.m.	12:30 a.m.	0	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
12:30 a.m.	12:45 a.m.	0	26	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12:45 a.m.	1:00 a.m.	0	19	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
1:00 a.m.	1:15 a.m.	1	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
1:15 a.m.	1:30 a.m.	0	23	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
1:30 a.m.	1:45 a.m.	0	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1:45 a.m.	2:00 a.m.	0	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
2:00 a.m.	2:15 a.m.	1	19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
2:15 a.m.	2:30 a.m.	1	20	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
2:30 a.m.	2:45 a.m.	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2:45 a.m.	3:00 a.m.	0	26	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
3:00 a.m.	3:15 a.m.	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
3:15 a.m.	3:30 a.m.	0	22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
3:30 a.m.	3:45 a.m.	0	25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3:45 a.m.	4:00 a.m.	0	30	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
4:00 a.m.	4:15 a.m.	2	32	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
4:15 a.m.	4:30 a.m.	3	29	1	2	0	3	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
4:30 a.m.	4:45 a.m.	7	38	2	1	1	4	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
4:45 a.m.	5:00 a.m.	10	43	2	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	67
5:00 a.m.	5:15 a.m.	11	53	1	0	1	7	9	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	85
5:15 a.m.	5:30 a.m.	14	48	3	1	1	11	11	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
5:30 a.m.	5:45 a.m.	18	57	4	2	0	13	12	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	111
5:45 a.m.	6:00 a.m.	19	63	4	3	1	15	15	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	125
6:00 a.m.	6:15 a.m.	25	71	2	3	0	11	17	0	0	2	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	138
6:15 a.m.	6:30 a.m.	28	79	5	4	3	14	13	0	0	3	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	1	154
6:30 a.m.	6:45 a.m.	27	88	7	7	3	12	16	0	0	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	168
6:45 a.m.	7:00 a.m.	29	98	7	8	4	15	19	0	1	4	2	1	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	192
7:00 a.m.	7:15 a.m.	26	114	8	7	4	15	18	0	0	5	2	2	1	1	1	4	0	0	0	2	0	2	210
7:15 a.m.	7:30 a.m.	25	132	7	12	5	17	18	0	1	3	1	1	0	2	0	3	1	0	0	2	0	2	230
7:30 a.m.	7:45 a.m.	41	179	9	14	3	13	21	0	2	5	3	1	0	1	1	2	1	0	0	1	0	1	297
7:45 a.m.	8:00 a.m.	32	187	10	11	4	12	20	0	0	4	2	3	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	289
8:00 a.m.	8:15 a.m.	23	134	7	8	4	15	19	0	0	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221
8:15 a.m.	8:30 a.m.	25	130	6	9	2	14	18	0	0	3	2	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	1	215
8:30 a.m.	8:45 a.m.	26	121	5	10	3	13	19	0	1	2	0	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	207
8:45 a.m.	9:00 a.m.	19	123	9	7	2	10	18	0	1	5	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	198
9:00 a.m.	9:15 a.m.	22	81	5	5	1	12	21	0	0	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	154
9:15 a.m.	9:30 a.m.	15	90	8	4	0	14	18	0	1	2	2	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	159
9:30 a.m.	9:45 a.m.	16	79	6	6	1	11	19	0	0	2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	146
9:45 a.m.	10:00 a.m.	18	76	5	7	2	12	18	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	143

Tabla 52

Conteo vehicular tramo II – viernes A

Conteo y clasificación- Viernes																							
Hora		Motos	Autos	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus			Camión				Semi trailer			Trailer			Total	
					Pick Up	Panel	Rural		2-E	3-E	2-E	3-E	4-E	2-S1/2-S2	2-S3	3-S1/3-S2	>= 3-S3	2-T2	2-T3	3-T2	3-T3		
12:00 a. m.	12:15 a. m.	1	33	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
12:15 a. m.	12:30 a. m.	1	31	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	37
12:30 a. m.	12:45 a. m.	0	24	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
12:45 a. m.	1:00 a. m.	0	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
1:00 a. m.	1:15 a. m.	0	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
1:15 a. m.	1:30 a. m.	0	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
1:30 a. m.	1:45 a. m.	1	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
1:45 a. m.	2:00 a. m.	0	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
2:00 a. m.	2:15 a. m.	0	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2:15 a. m.	2:30 a. m.	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2:30 a. m.	2:45 a. m.	0	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2:45 a. m.	3:00 a. m.	1	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
3:00 a. m.	3:15 a. m.	1	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3:15 a. m.	3:30 a. m.	0	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
3:30 a. m.	3:45 a. m.	1	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
3:45 a. m.	4:00 a. m.	1	29	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
4:00 a. m.	4:15 a. m.	2	31	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
4:15 a. m.	4:30 a. m.	3	33	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
4:30 a. m.	4:45 a. m.	6	39	1	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
4:45 a. m.	5:00 a. m.	6	42	0	1	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
5:00 a. m.	5:15 a. m.	10	56	1	1	1	11	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	89
5:15 a. m.	5:30 a. m.	16	51	0	2	1	9	9	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	93
5:30 a. m.	5:45 a. m.	15	54	3	2	0	15	13	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	106
5:45 a. m.	6:00 a. m.	17	69	5	1	2	14	12	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	126
6:00 a. m.	6:15 a. m.	22	67	3	3	1	16	15	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	134
6:15 a. m.	6:30 a. m.	26	70	5	3	0	18	16	0	1	3	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	146
6:30 a. m.	6:45 a. m.	21	84	4	4	1	17	14	0	2	4	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	1	158
6:45 a. m.	7:00 a. m.	25	101	7	6	3	18	18	0	0	5	2	0	2	0	1	1	1	0	0	0	1	192
7:00 a. m.	7:15 a. m.	21	116	7	6	3	17	18	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	195
7:15 a. m.	7:30 a. m.	24	133	7	8	3	16	21	0	0	3	2	2	1	1	1	2	1	0	0	0	1	226
7:30 a. m.	7:45 a. m.	34	180	9	10	4	17	19	0	1	5	1	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	286
7:45 a. m.	8:00 a. m.	35	188	11	9	3	15	23	0	1	2	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	1	294
8:00 a. m.	8:15 a. m.	27	139	10	9	2	18	18	0	2	4	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	234
8:15 a. m.	8:30 a. m.	28	127	8	6	2	14	19	0	1	4	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	215
8:30 a. m.	8:45 a. m.	20	118	7	9	3	16	19	0	0	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	199
8:45 a. m.	9:00 a. m.	20	125	6	8	2	14	18	0	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	201
9:00 a. m.	9:15 a. m.	15	80	4	5	3	11	22	0	0	3	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	146
9:15 a. m.	9:30 a. m.	16	89	5	7	1	12	18	0	1	2	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	156
9:30 a. m.	9:45 a. m.	15	78	6	9	1	11	20	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	144
9:45 a. m.	10:00 a. m.	17	75	5	8	1	13	17	0	1	1	1	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	143

Tabla 56

Conteo vehicular tramo II – domingo A

Conteo y clasificación- Domingo																							
Hora	Motos	Autos	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus			Camión				Semi trailer			Trailer			Total		
				Pick Up	Panel	Rural		2-E	3-E	2-E	3-E	4-E	2-S1/2-S2	2-S3	3-S1/3-S2	>= 3-S3	2-T2	2-T3	3-T2	3-T3			
12:00 a. m.	12:15 a. m.	1	31	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12:15 a. m.	12:30 a. m.	0	29	2	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12:30 a. m.	12:45 a. m.	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12:45 a. m.	1:00 a. m.	0	25	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
1:00 a. m.	1:15 a. m.	0	18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
1:15 a. m.	1:30 a. m.	1	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
1:30 a. m.	1:45 a. m.	0	23	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
1:45 a. m.	2:00 a. m.	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
2:00 a. m.	2:15 a. m.	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2:15 a. m.	2:30 a. m.	1	22	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
2:30 a. m.	2:45 a. m.	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2:45 a. m.	3:00 a. m.	1	21	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
3:00 a. m.	3:15 a. m.	0	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
3:15 a. m.	3:30 a. m.	1	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
3:30 a. m.	3:45 a. m.	1	24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3:45 a. m.	4:00 a. m.	1	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
4:00 a. m.	4:15 a. m.	2	34	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
4:15 a. m.	4:30 a. m.	3	31	0	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
4:30 a. m.	4:45 a. m.	4	37	1	1	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
4:45 a. m.	5:00 a. m.	6	45	0	0	1	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
5:00 a. m.	5:15 a. m.	10	57	1	1	1	9	10	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91
5:15 a. m.	5:30 a. m.	14	53	3	2	2	8	9	0	0	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	97
5:30 a. m.	5:45 a. m.	17	54	5	4	1	10	13	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	110
5:45 a. m.	6:00 a. m.	21	69	5	3	1	12	14	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	129
6:00 a. m.	6:15 a. m.	22	67	2	5	2	15	18	0	1	3	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	139
6:15 a. m.	6:30 a. m.	23	77	4	4	0	14	16	0	0	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	146
6:30 a. m.	6:45 a. m.	25	84	5	3	1	13	17	0	1	3	1	1	1	2	0	2	0	0	0	0	1	160
6:45 a. m.	7:00 a. m.	24	105	8	5	2	14	19	0	0	3	2	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	188
7:00 a. m.	7:15 a. m.	22	118	9	4	2	14	21	0	0	3	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	199
7:15 a. m.	7:30 a. m.	25	130	10	3	3	15	17	0	2	4	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	216
7:30 a. m.	7:45 a. m.	29	188	11	8	2	16	19	0	0	2	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	281
7:45 a. m.	8:00 a. m.	34	184	7	10	4	14	20	0	1	4	2	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	285
8:00 a. m.	8:15 a. m.	26	144	8	9	2	15	15	0	0	3	3	1	0	1	2	1	0	0	0	0	1	231
8:15 a. m.	8:30 a. m.	27	125	3	3	3	12	17	0	1	3	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	199
8:30 a. m.	8:45 a. m.	18	122	4	4	2	14	22	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	192
8:45 a. m.	9:00 a. m.	19	120	6	6	2	13	17	0	0	4	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	192
9:00 a. m.	9:15 a. m.	15	83	4	4	1	12	21	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	146
9:15 a. m.	9:30 a. m.	15	91	6	6	2	12	18	0	0	4	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	159
9:30 a. m.	9:45 a. m.	13	76	3	3	1	11	19	0	1	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	134
9:45 a. m.	10:00 a. m.	17	80	4	7	1	14	18	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	146

Tabla 58*Resumen de tráfico vehicular del tramo II*

Tipo de vehículo	Tráfico vehículos en dos sentidos por día							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Semana
Motos	1,406	1,359	1,417	1,294	1,267	1,338	1,225	9,306
Autos	7,826	7,619	7,630	7,862	7,607	7,723	7,707	53,974
Station Wagon	550	499	423	435	408	415	437	3,167
Pick Up	458	470	417	390	408	397	389	2,929
Panel	128	118	154	135	145	101	112	893
Combi	957	895	924	906	922	902	884	6,390
Micro	1,296	1,314	1,300	1,300	1,291	1,317	1,334	9,152
Bus 2E =B2	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 3E =B3	35	32	38	37	34	33	34	243
Camión 2E =C2	201	182	155	172	168	156	190	1,224
Camión 3E =C3	74	74	72	56	50	55	69	450
Camión 4E = C4	48	60	44	42	58	46	45	343
Semi tráiler 2S1/2S2 =TS1	28	20	24	30	24	23	23	172
Semi tráiler 2S3 =T2S3	36	33	33	36	34	30	35	237
Semi tráiler 3S1/3S2 =T3S1	32	29	30	25	28	27	29	200
Semi tráiler >= 3S3 =T3S3	55	67	47	62	50	62	67	410
Tráiler 2T2 =T2S2	20	18	18	23	19	17	15	130
Tráiler 2T3 =T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T2 =T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T3 =T3S3	19	25	25	28	20	24	20	161
Total	13,169	12,814	12,751	12,833	12,533	12,666	12,615	

4.3.2.3. Factores de corrección

Tabla 59

Factores de corrección

Factores de corrección	
F.C. Vehículos ligeros	1.00
F.C. Vehículos pesados	1.00

Nota. Valores especificados para diseño del pavimento propuesto. Adaptado del MTC (2018).

4.3.2.4. Aplicación de la fórmula para un conteo de 7 días

La fórmula 5 permite determinar el índice medio anual en función de un valor de corrección y el índice de medio diario.

$$IMD_a = IMD_s * FC \quad (5)$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Dónde:

IMD_s : Índice medio diario de la muestra vehicular tomada.

IMD_a : Índice medio anual.

V_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los días de conteo.

FC: Factores de corrección estacional.

Figura 31

Representación gráfica parcial por cada tipo de vehículo

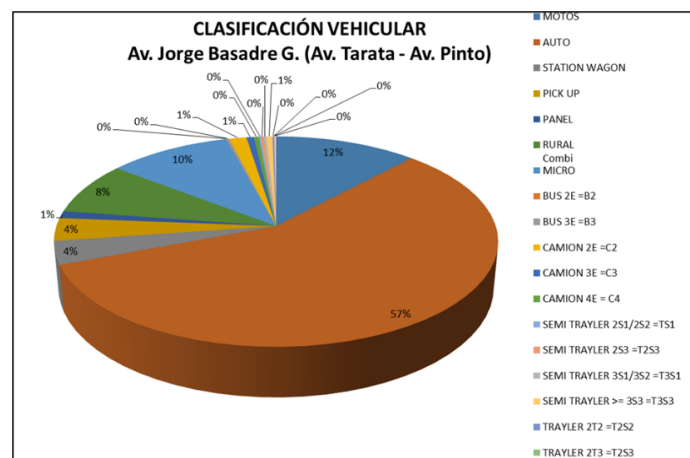


Tabla 60*Cálculo de IMDs e IMDa para un conteo promediado*

Tipo de vehículo	Tráfico vehículos en dos sentidos por día							Total Semana	IMD _s	FC	IMD _a	%
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
Motos	1,555	1,460	1,512	1,467	1,433	1,627	1,441	10,495	1,499	1	1,499	11,72
Autos	7,550	7,417	7,397	7,500	7,341	7,609	7,453	52,267	7,467	1	7,467	58,40
Station Wagon	492	460	413	414	364	353	420	2,916	417	1	417	3,26
Pick Up	438	448	418	413	378	350	370	2,815	402	1	402	3,14
Panel	132	131	153	146	152	108	118	940	134	1	134	1,05
Combi	1,094	1,057	1,065	1,061	1,043	1,036	1,041	7,397	1,057	1	1,057	8,27
Micro	1,293	1,294	1,291	1,284	1,277	1,294	1,314	9,047	1,292	1	1,292	10,11
Bus 2E =B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Bus 3E =B3	36	38	35	34	36	31	30	240	34	1	34	0,27
Camión 2E =C2	201	160	149	177	169	158	182	1,196	171	1	171	1,34
Camión 3E =C3	84	77	79	64	58	59	72	493	70	1	70	0,55
Camión 4E = C4	50	53	51	46	62	47	46	355	51	1	51	0,40
Semi tráiler 2S1/2S2 =TS1	25	22	23	28	25	25	22	170	24	1	24	0,19
Semi tráiler 2S3 =T2S3	39	31	31	36	35	32	33	237	34	1	34	0,27
Semi tráiler 3S1/3S2 =T3S1	32	28	30	29	28	27	28	202	29	1	29	0,23
Semi tráiler >= 3S3 =T3S3	56	66	58	65	56	65	69	435	62	1	62	0,48
Tráiler 2T2 =T2S2	20	22	21	26	19	19	16	143	20	1	20	0,16
Tráiler 2T3 =T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Tráiler 3T2 =T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Tráiler 3T3 =T3S3	19	20	24	26	19	21	22	151	22	1	22	0,17
Total	13,116	12,784	12,750	12,816	12,495	12,861	12,677		12,785		12,785	100,00

4.3.2.5. Cálculo del Número de Tránsito Diario Promedio

Transformamos a cargas equivalentes de 8.20 tn (18 000 lb) por eje sencillo, según factores proporcionados por el mismo método del instituto del asfalto. Para ello, la fórmula 6 indica:

$$N = IMD \times \left(\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \right) \quad (6)$$

Dónde:

A/100: % de vehículos pesados en dirección del tránsito.

B/100: % de vehículos pesados en el carril de diseño.

Para el cálculo de A, la fórmula 7 señala:

$$A = \frac{\sum \text{Vehículos pesados}}{IMD} \times 100 \quad (7)$$

$$A = \frac{517}{12785} \times 100 = 4,04$$

Para hallar B será necesario determinar el porcentaje de vehículos pesados según el carril de diseño, que está dado según la tabla 61:

Tabla 61

Porcentaje total de vehículos pesados en el carril de diseño

Porcentaje del total de vehículos pesados en el carril de diseño	
# total de carriles	% de vehículos pesados del carril de diseño
1	100
2	50
4	45 (35 y 48)
6 a más	40 (25 y 48)

Nota. Se establecerá un porcentaje de vehículos pesados según la cantidad de carriles de la vía. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

Entonces: B = 40

$$N = 12\,785 \times \left(\frac{4,04}{100} \times \frac{40}{100} \right) = 206,61$$

4.3.2.6. Cálculo del Número de Tránsito Inicial (NTI)

Es un factor adimensional que define el índice de tránsito en base a la carga límite legal, el peso bruto promedio de vehículos pesados (PPVP) y el Número de tránsito diario promedio anual (N). En la tabla 62 se detalla cómo se determina la sumatoria del peso bruto función al tipo, cantidad y peso bruto de los vehículos para posteriormente aplicar la fórmula 8 en la determinación del peso bruto promedio de vehículos pesados.

Tabla 62

Cálculo de sumatoria de cantidad de vehículo por peso bruto

Tipo de vehículo	Cantidad	Peso bruto máximo (t)	Cant x PB máx.
Bus 2E =B2	0,00	18,00	0,00
Bus 3E =B3	34,00	23,00	782,00
Camión 2E =C2	171,00	18,00	3,078,00
Camión 3E =C3	70,00	25,00	1,750,00
Camión 4E = C4	51,00	30,00	1,530,00
Semi tráiler 2S1/2S2 =TS1	24,00	29,00	696,00
Semi tráiler 2S3 =T2S3	34,00	40,00	1,360,00
Semi tráiler 3S1/3S2 =T3S1	29,00	36,00	1,044,00
Semi tráiler >= 3S3 =T3S3	62,00	48,00	2,976,00
Tráiler 2T2 =T2S2	20,00	40,00	800,00
Tráiler 2T3 =T2S3	0,00	47,00	0,00
Tráiler 3T2 =T3S2	0,00	47,00	0,00
Tráiler 3T3 =T3S3	22,00	48,00	1,056,00
Σ Cant x PB máx. (ton)			15,072,00

$$PPVP = \frac{\sum(\text{Vehiculos pesados} \times \text{Carga total})}{\sum VP} \quad (8)$$

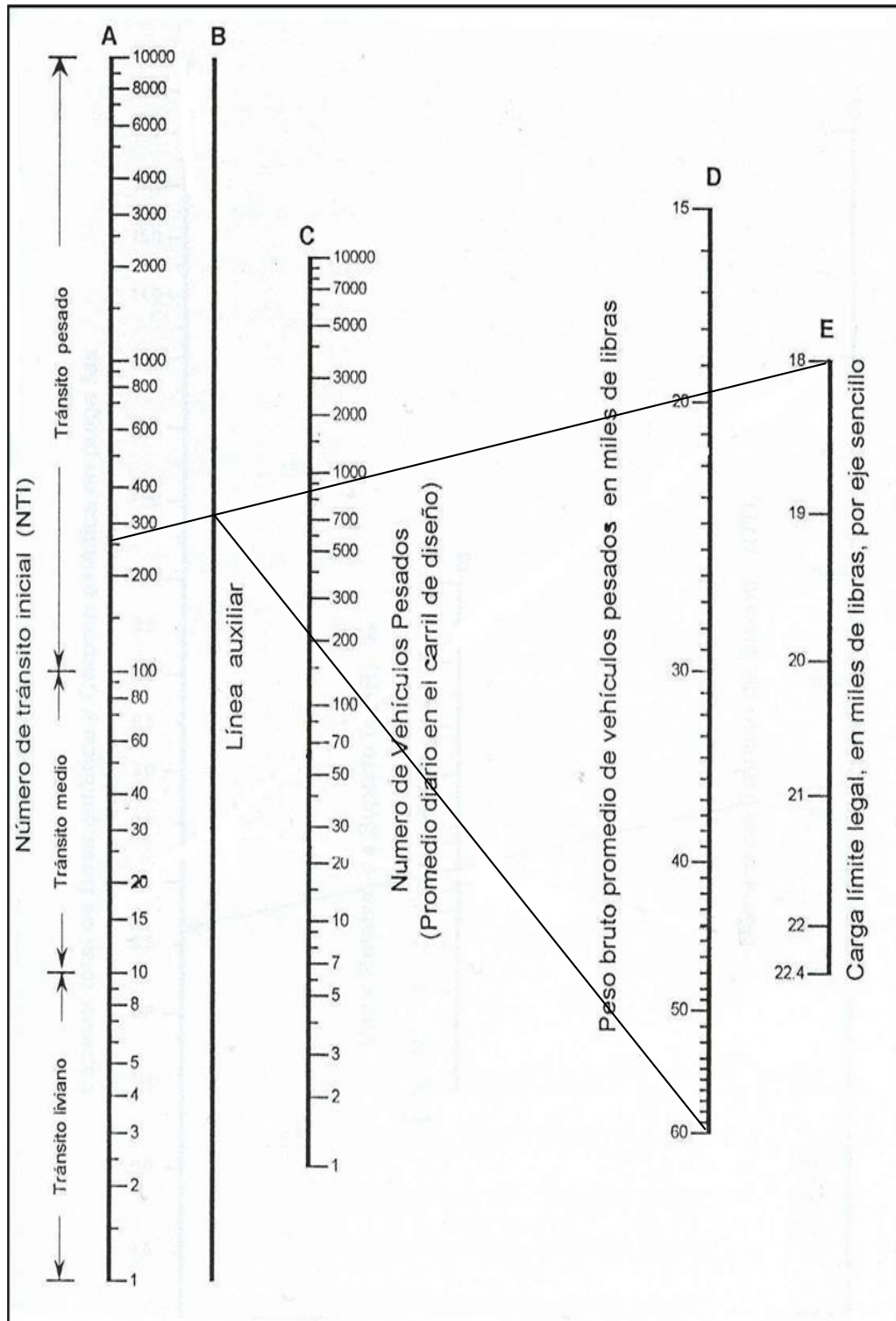
$$PPVP = \frac{15\,072\,tn}{514} \times \frac{2\,204,65\,lb}{1\,tn}$$

$$PPVP = 64\,271,73\,lb$$

Este se calcula mediante el nomograma de análisis de tránsito, figura 32, ingresando el peso (vertical D) y cruzando con N (vertical C) se llega a la línea auxiliar (vertical B) cuya intersección con la carga (vertical E) permite hallar el punto NTI.

Figura 32

Determinación del número de tránsito inicial



Nota. Se determina el NTI según la proyección resultante del N° de vehículos pesados y el peso bruto promedio, con la línea auxiliar. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

Mediante el nomograma se determina que el número de tránsito inicial es 260.

4.3.2.7. Cálculo del Número de Tránsito de Diseño (NTD)

Es el factor adimensional que sirve para determinar el espesor del pavimento. Según la tabla 63, se determinará un factor de ajuste de tránsito inicial para un periodo de diseño de 20 años y una tasa de crecimiento anual 2.1 %.

Tabla 63

Cálculo del factor de ajuste

Periodos de Diseño (años)	% de Crecimiento Anual				
	2	4	6	8	10
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23
6	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39
8	0,43	0,46	0,5	0,53	0,57
10	0,55	0,6	0,66	0,72	0,8
12	0,67	0,75	0,84	0,95	1,07
14	0,8	0,92	1,05	1,21	1,4
16	0,93	1,09	1,28	1,52	1,8
18	1,07	1,28	1,55	1,87	2,28
20	1,21	1,49	1,84	2,29	2,86
25	1,6	2,08	2,74	3,66	4,92
30	2,03	2,8	3,95	5,66	8,22

Nota. El factor de ajuste estar dado según el periodo de diseño establecido. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

Mediante interpolación determinamos que el factor de ajuste para nuestro pavimento es 1,22. Aplicando la fórmula 9, se determina el NTD.

$$NTD = NTI \times \text{Factor de ajuste} \quad (9)$$

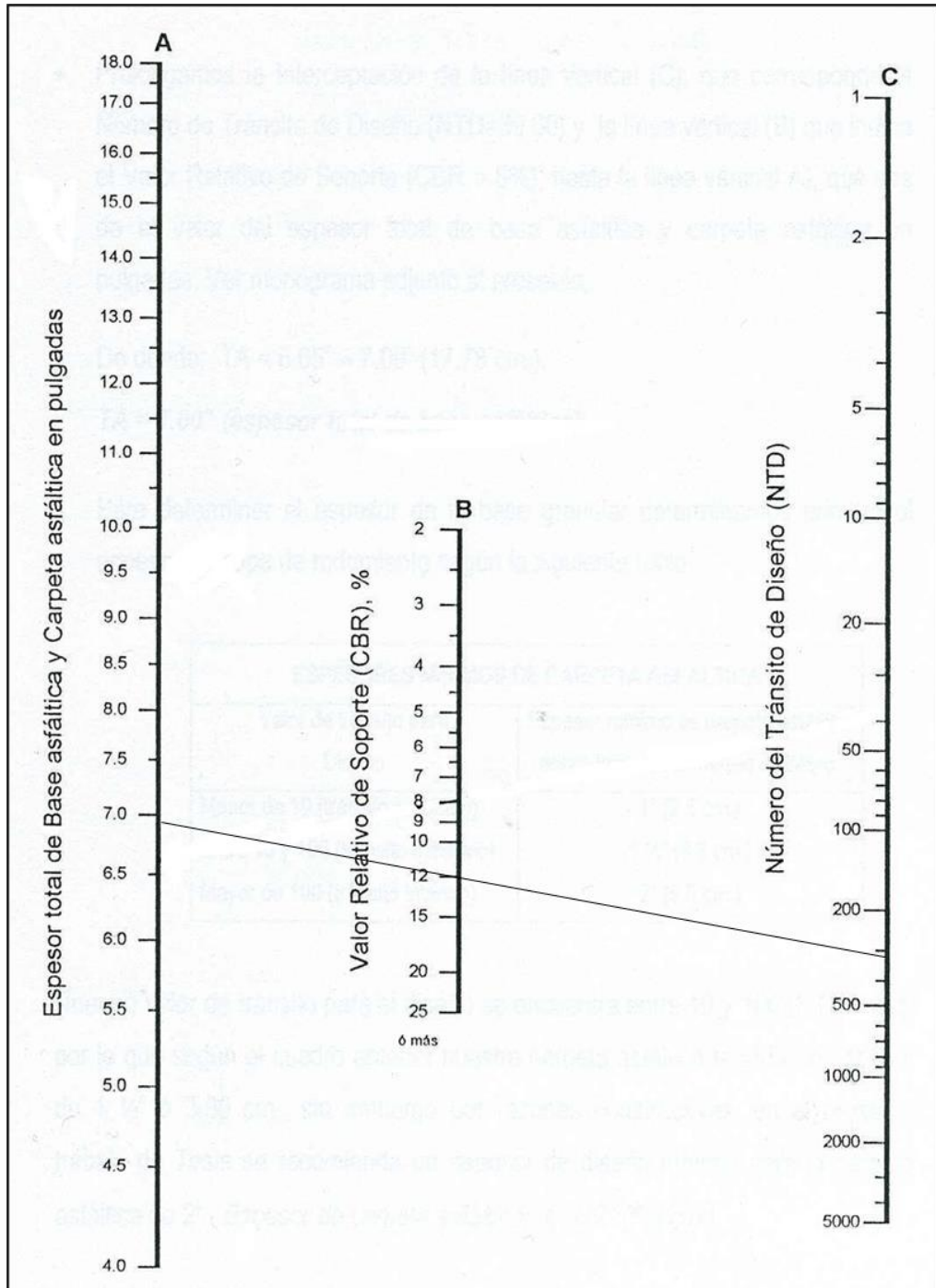
$$NTD = 260 \times 1,22 = 317,2$$

4.3.2.8. Cálculo del Espesor Total del Pavimento

Con los datos $NTD = 317,2$; $CBR = 12 \%$, y usando el nomograma del instituto del asfalto, Figura 33, determinamos el espesor del pavimento. Con el NTD (vertical C) se traza recta hasta encontrar el valor del CBR (%) y se prolonga hasta la vertical A para encontrar el espesor total de la base asfáltica y carpeta asfáltica en pulgadas.

Figura 33

Determinación del espesor del pavimento – Nomograma para un periodo de diseño de 20 años



Nota. Se determina el espesor de las capas del pavimento mediante la proyección del NTD y CBR. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

El espesor total para nuestro pavimento según el nomograma es 6,9". Para determinar el espesor de la base granular determinamos primero el espesor de la capa de rodadura según la tabla 64.

Tabla 64

Espesores mínimos de carpeta asfáltica

Espesor mínimo de carpeta asfáltica	
Valor de tránsito para diseño (NTD)	Esp. mín. de carp. Asf/base de conc. asf.
Menor de 10 (transito reducido)	1 (2,50 cm)
Entre 10 y 100 (transito mediano)	1 1/2 (3,80 cm)
Mayor a 100 (transito intenso)	2 (5,00 cm)

Nota. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

- Como el valor de NTD es mayor a 100, corresponde un espesor mínimo de la carpeta asfáltica de 2".
- Al contar con una carpeta asfáltica de 2" y un espesor total de 6,9", el valor de mínimo de nuestra base granular será 4,9".

Para determinar el espesor de base granular el instituto del asfalto se sugieren las relaciones detalladas en la tabla 65:

Tabla 65

Relación de capas de la estructura del pavimento

Relación de capas de la estructura del pavimento	
Capas convencionales	Relación
Entre base granular y base de concreto asfáltico	2,00: 1,00
Entre sub base granular y base de concreto asfáltico	2,70: 1,00
Entre sub base y base granular	1,35: 1,00

Nota. De acuerdo al tipo de capa para el diseño de pavimento se establece una relación sobre estas. Adaptado de Asphalt Institute (1999).

Según la Tabla 66 podemos determinar que los espesores de la carpeta asfáltica y base son:

Tabla 66

Espesor del pavimento en pulgadas y centímetros

	Datos obtenidos	Relación	Espesores	
			Pulgadas	Centímetros
Carpeta asfáltica	2	1	2	5
Base asfáltica	4,9	2	9,8	25

Siendo el espesor total del pavimento 30 cm para el tramo I de la Av. Jorge Basadre G. Av. Pinto – Av. Tarata.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Evaluación de la carpeta asfáltica

5.1.1. Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Una vez realizada la inspección de las patologías presentes en cada unidad de muestra, se procedió a evaluar el tipo de falla, cuantificar el área afectada y calificar la severidad de cada una de estas, determinando así el conjunto de datos necesarios para la aplicación de la metodología del índice de condición de pavimento en los dos tramos de la Av. Circunvalación norte (Av. Pinto – Av. Tarata), permitiendo establecer la condición en la que se encuentran. A continuación, se presentarán los resultados de ambos tramos evaluados.

5.1.1.1. Tramo I: Av. Pinto - Av. Tarata

Tabla 67

Resumen PCI por unidad de muestra Tramo I

Calzada derecha Tramo I		
Unidad de muestra	PCI	Clasificación
U-01	59	Bueno
U-03	20	Muy malo
U-05	33	Muy malo
U-07	56	Bueno
U-09	45	Regular
U-11	28	Malo
U-13	20	Muy malo
U-15	24	Muy malo
U-17	10	Muy malo
U-19	11	Muy malo
U-20	15	Muy malo

Nota. Resultados obtenidos del PCI en cada sección.

Según la tabla 67, el Tramo I considera la unidad de muestra 20 como adicional, siendo necesaria la aplicación de un promedio ponderado para determinar el PCI de dicho tramo, para ello, se aplicará la fórmula 10 que implica:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad (10)$$

Donde:

PCI_S: Índice de condición de pavimento de la sección

PCI_R: Índice de condición promedio de las unidades de muestra representativas.

PCI_A: Índice de condición promedio de las unidades de muestra adicionales.

N: N° total de unidades de muestra en la sección.

A: N° adicional de unidades de muestra revisadas.

$$PCI_S = \frac{[(11 - 1) * 30,6] + (1 * 15)}{11} = 29,18 = \text{Malo}$$

En el tramo I las unidades de muestra 03, 05, 13, 15, 17, 19 y 20 fueron clasificadas como pavimentos en estado “Muy malo”, siendo recurrente en ellas las fisuras longitudinales, parches, hundimientos, piel de cocodrilo y fisuras.

El tipo de falla desprendimiento de agregados, está presente en todo el tramo de evaluación.

En la evaluación se determinó que las unidades de muestra con mayor frecuencia de fallas y severidad más alta se encontraban próximas a la Av. Tarata.

Como resultado de la aplicación del método de índice de condición de pavimento en el tramo I Av. Pinto – Av. Tarata, se obtuvo un PCI de 29,18 que corresponde a un pavimento en estado “Malo”

5.1.1.2. Tramo II: Av. Tarata – Av. Pinto

Tabla 68

Resumen PCI por unidad de muestra Tramo II

Calzada izquierda Tramo II		
Unidad de muestra	PCI	Clasificación
U-21	44	Regular
U-22	34	Malo
U-24	70	Bueno
U-26	80	Muy bueno
U-28	80	Muy bueno
U-30	80	Muy bueno
U-32	80	Muy bueno
U-34	40	Malo
U-36	82	Muy bueno
U-38	82	Muy bueno
U-40	52	Regular

Nota. Resultados obtenidos sobre el PCI en cada sección.

Según la tabla 68, el Tramo II considera la unidad de muestra 21 como adicional, siendo necesaria la aplicación de un promedio ponderado para determinar el PCI de dicho tramo, siendo necesaria la aplicación de la siguiente fórmula.

$$PCI_s = \frac{[(11 - 1) * 68] + (1 * 44)}{11} = 65,81 = \text{Bueno}$$

En el tramo II las unidades de muestra 26, 28, 30, 32,36 y 38 fueron clasificadas como pavimentos en estado “Muy bueno”, siendo afectadas por fallas de área mínima o de severidad baja, siendo el más recurrente el desprendimiento de agregados.

Al igual que el tramo I, las unidades de muestra aledañas a la Av. Tarata fueron las que presentaban fallas de mayor severidad, siendo las fisuras longitudinales y parcheos los de mayor afectación.

Como resultado de la aplicación del método de índice de condición de pavimento en el tramo II Av. Tarata – Av. Pinto, se obtuvo un PCI de 65,81 que corresponde a un pavimento en estado “Bueno”.

5.1.1.3. Evaluación de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos:

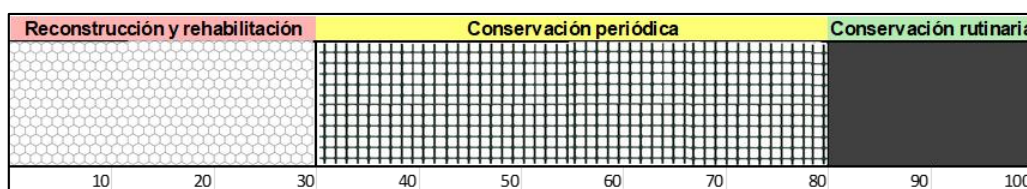
Tramo I: PCI = 29; condición mala.

Tramo II: PCI = 66; condición bueno.

Teniendo en consideración la figura 34, que es adaptada del Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial, podemos identificar el tipo de tratamiento que se aplicará al pavimento según la condición de la misma.

Figura 34

Tipos de conservación vial según calificación de condición



Nota. Adaptado del MTC (2018).

- Para el Tramo II con un PCI de 66 correspondería una conservación periódica.
- Para el Tramo I con un PCI de 29 correspondería una reconstrucción y rehabilitación.

Como se indica, en el Tramo I se tendrían dos opciones.

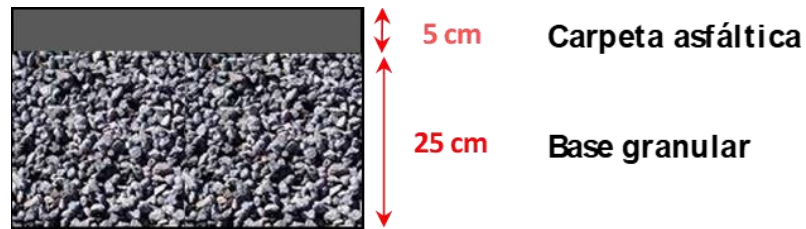
- Se puede optar por la colocación de una capa de refuerzo que permita mejorar la funcionalidad del pavimento o por reemplazar toda la estructura fallada.
- Económicamente la primera opción es más favorable respecto a la segunda, sus únicas restricciones serían los datos requeridos para su aplicación. Teniendo un diseño estructural de pavimentos que permite definir el espesor de capas del pavimento, podemos concluir eligiendo la opción de refuerzo de pavimento.

5.2. Propuesta de rehabilitación

Basado en los resultados obtenidos del diseño de pavimento para la Av. Jorge Basadre G. Av. Pinto – Av. Tarata Tramo I, la figura 11 detalla los espesores establecidos.

Figura 35

Espesor de las capas del pavimento Tramo I



Como se mencionó en la evaluación de resultados del PCI, se optó por reforzar la estructura, para ellos se puede optar por un recapado asfáltico, un fresado y reemplazo o por el reciclado del pavimento.

Los recapeos son el tipo de rehabilitación en el que se aplica mezcla asfáltica sobre la estructura de un pavimento en servicio, con el fin de corregir defectos estructurales y funcionales como:

- Costos de conservación excesivos.
- Insuficiencia estructural.
- Reducción de capacidad estructural por deterioro de la capa de rodadura.
- Desprendimientos y peladuras.

Teniendo en cuenta las patologías de nuestro pavimento y la severidad de estas, consideramos la aplicación de un recapeo de mezcla asfáltica en caliente en el pavimento existente del Tramo I.

CONCLUSIONES

El método PCI permitió evaluar de manera adecuada el estado actual de la estructura del pavimento, pudiendo así proponer soluciones directas a partir del Manual de conservación vial, permitiendo así la mejorar de la calidad vial de la misma. En este aspecto se resalta que ambos sentidos de circulación contarían con tratamientos distintos debido a la diferencia de estado que presentan.

Se determinó el tipo de fallas presentes en ambos sentidos de la vía Av. Jorge Basadre G. Tramo Av. Pinto – Av. Tarata, siendo las áreas próximas a la Av. Tarata, las que cuenta con deterioro de mayor severidad y amplitud.

Se realizaron los ensayos de laboratorio, necesarios para poder evaluar la calidad del terreno y determinar la propuesta de rehabilitación.

Teniendo como fundamento los resultados obtenidos en la evaluación estructural, se decidió el tipo de tratamiento que se realizaría en cada uno de los tramos, siendo el del Tramo I una rehabilitación mediante recapeo de mezcla asfáltica en caliente y mantenimiento periódico para el Tramo II.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las entidades encargadas se ejecuten planes de mantenimiento en el pavimento de la Av. Jorge Basadre G. Debido a la inacción de planes de conservación en la misma, se tienen que asumir respuestas ante los daños con un gasto incrementado hasta 40 veces el monto de un mantenimiento periódico o rutinario.

Tomar acciones en las zonas más críticas de la vía evaluada. Como se mencionó inicialmente, los daños presentes en los pavimentos generan pérdidas en tiempo de viaje, deterioro en los vehículos y malestar en los usuarios. Daños que podrían agravar e incrementar la severidad de las distintas fallas, de no tomar acciones para corregirla.

De acuerdo al Manual de mantenimiento o conservación vial del MTC, se deben tomar diferentes medidas de acuerdo al tipo de resultados obtenidos en la evaluación PCI.

El método PCI constituye en una de las metodologías más completas para evaluar y calificar de manera objetiva una pavimento flexible o rígido, por ellos de la validez de este método que garantiza resultados casi al 100 % de confiabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asphalt Institute. (1999). *Thickness Design: Asphalt Pavements for Highways & Streets*. Asphalt institute.
- ASTM D6433. (2018). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. *ASTM International*. <https://www.astm.org/Standards/D6433.htm>.
- Barrantes, R. (2008). *Red Vial Nacional - Desarrollo de herramientas de gestión, con base en la determinación de índices*.
- Cantuarias, L. y Watanabe, J. (2017). *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la Urb. La rinconada del Distrito de Trujillo*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Corros, M., Urbaéz, E. y Corredor, G. (2009). *Diseño de pavimentos I Evaluación de pavimentos*. MTI.
- Cruz, J. y Restrepo, G. (2017). *Evaluación del estado de pavimentos flexibles en la zona urbana de La Calera*.
- Google Earth. (2018). *Google Earth*. Google Earth. <https://earth.google.com/web/@-17.99457207,-70.24621547,600.13908466a,440.28241912d,35y,54.00269091h,0t,0r/data=OgMKATA>
- Guzman, M. (2017). *Evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, aplicando el método del PCI*. Universidad Privada de Tacna.
- Hiliquín, M. (2016). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chavez del distrito de Pocollay en el año 2016*. Universidad Privada de Tacna.
- Lungo, M. (2000). *Expansión urbana y regulación del uso del suelo en América Latina. Lincoln Institute of land policy*.
- Medina, A. y De la cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Galvez del distrito de Lince aplicando el método PCI*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Menéndez, J. (2013). *Ingeniería de Pavimentos*. Instituto de construcción y gerencia.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Universidad católica de Colombia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). *Manual de carreteras Mantenimiento o conservación vial*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). *Diseño geométrico de carreteras*. Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Norma Técnica Peruana. (1999). *NTP 339-141*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
- Rodríguez, E. (2009, Octubre). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. Universidad de Piura.
- Sierra, C. y Rivas, A. (2016). *Aplicación y comparación de las diferentes metodologías para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000-PR 01+020 de la vía AL Llano (Dg 78 Bis Sur - Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa*. Universidad Católica de Colombia.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Ingepav.

ANEXOS

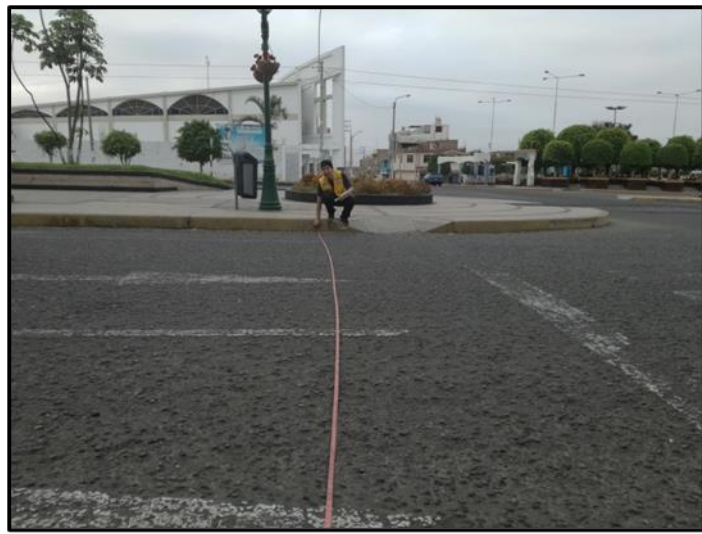
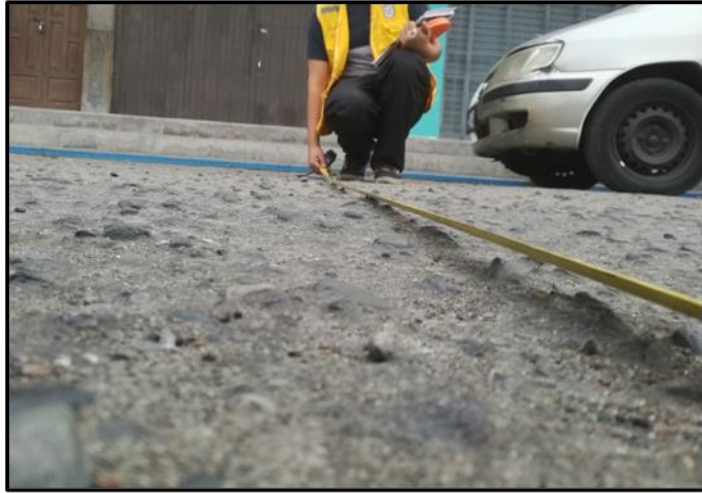
Anexo 1. Matriz de consistencia

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables de estudio	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente (X): "Evaluación estructural" Indicadores: - Índice de la condición del pavimento PCI. - Tipo de fallas. - Registro exploratorio, calicatas - Ensayo Equivalente de arena. - Proctor modificado. - Ensayo CBR.	Tipo de investigación: Aplicada. Nivel de investigación: Descriptivo. Diseño de investigación: No experimental, transversal. Población: Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Tarata – Av. Pinto, Tacna. Método: - Aforo vehicular MTC - CBR MTC E-132,133 - Índice de la condición del Pavimento PC - Tipos de fallas. - Clasificar la información. - Cálculo de valores deducidos según el PCI por tramo. - Identificar el rango según el PCI. - Cálculo del máximo valor deducido corregido CDV. - Determinar el valor numérico del PCI promedio de la vía.
¿En qué medida la evaluación estructural de la Infraestructura Vial existente en la Av. Jorge Basadre Grohmann, nos permitirá determinar una posible propuesta de rehabilitación del tramo indicado – Tacna, 2019?	Evaluar estructuralmente la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre, y proceder a la rehabilitación del pavimento de acuerdo a los resultados obtenidos.	La evaluación estructural de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Av. Tarata – Av. Pinto, permite mediante sus resultados, plantear una rehabilitación integral del pavimento evaluado.		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente (Y): "Propuesta de rehabilitación" Indicadores: - Estudio de Trafico. - Resultados de evaluación estructural. - Factores externos.	
¿Cómo influyen las fallas superficiales en la funcionalidad de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?	Determinar superficialmente los tipos de fallas en la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio.	Al determinar los tipos de fallas existentes, se podría conocer las condiciones superficiales de la infraestructura vial en la Av. Jorge Basadre Grohmann tramo de estudio.		
¿Cómo influye el estado estructural de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?	Evaluar estructuralmente la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann. Tramo de estudio, mediante ensayos in situ como en laboratorio	El mal estado estructural de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, perjudica el estado funcional.		
¿Cómo influye el valor del PCI en la rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio?	Determinar mediante el método de PCI la propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo de estudio.	La determinación del PCI de la infraestructura vial en la Av. Jorge Basadre Grohmann ayudará a proponer la rehabilitación de la infraestructura vial.		Prueba estadística: - Guía de observaciones. - Manual del Instituto del Asfalto. - Formatos de registro y evaluación según metodología PCI.

Anexo 2. Panel fotográfico de las fallas superficiales – Tramo I

Desprendimiento de agregados







Fisuras longitudinales y transversales





Huecos







Piel de cocodrilo

Parqueo



Desprendimiento de agregados

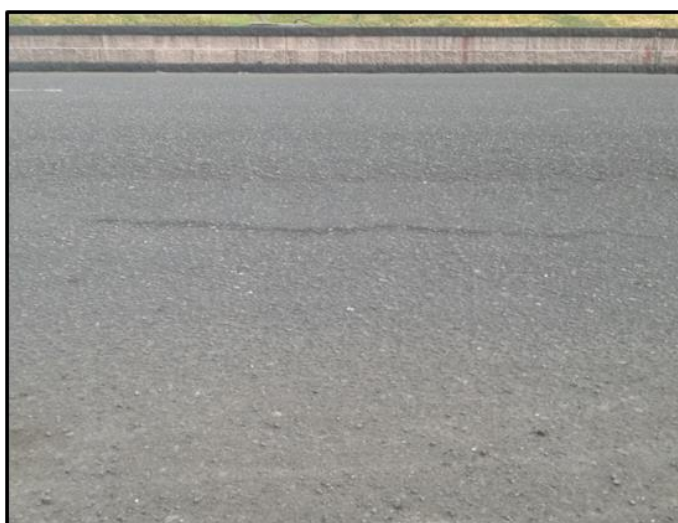


Anexo 3. Panel fotográfico de las fallas superficiales – Tramo II

Desprendimiento de agregados



Fisuras longitudinales y transversales



Otras patologías en menor recurrencia





Anexo 4. Panel fotográfico del ensayo CBR

Calicatas de la zona de evaluación (C-1 , C-2)



Ensayo CBR

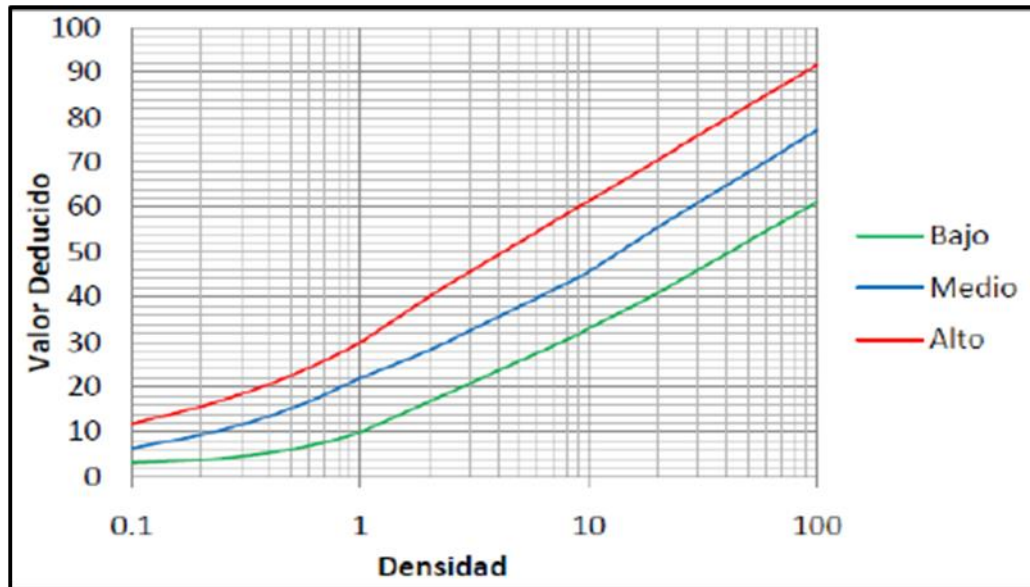




Anexo 5. Curvas de valor deducido de cada falla

Figura 36

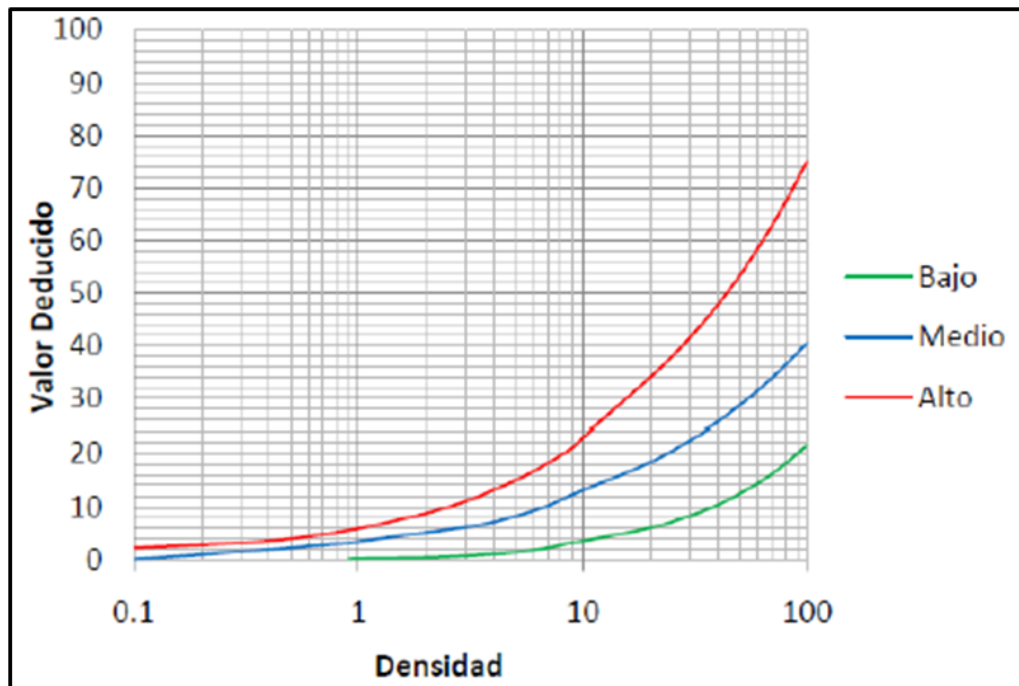
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Piel de cocodrilo



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 37

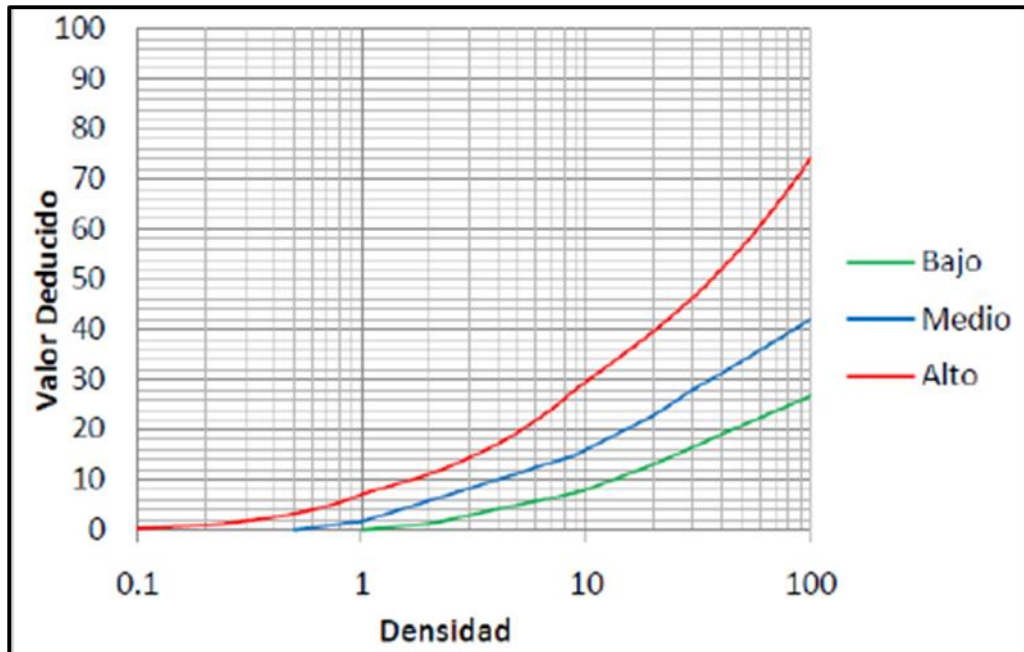
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Exudación



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 38

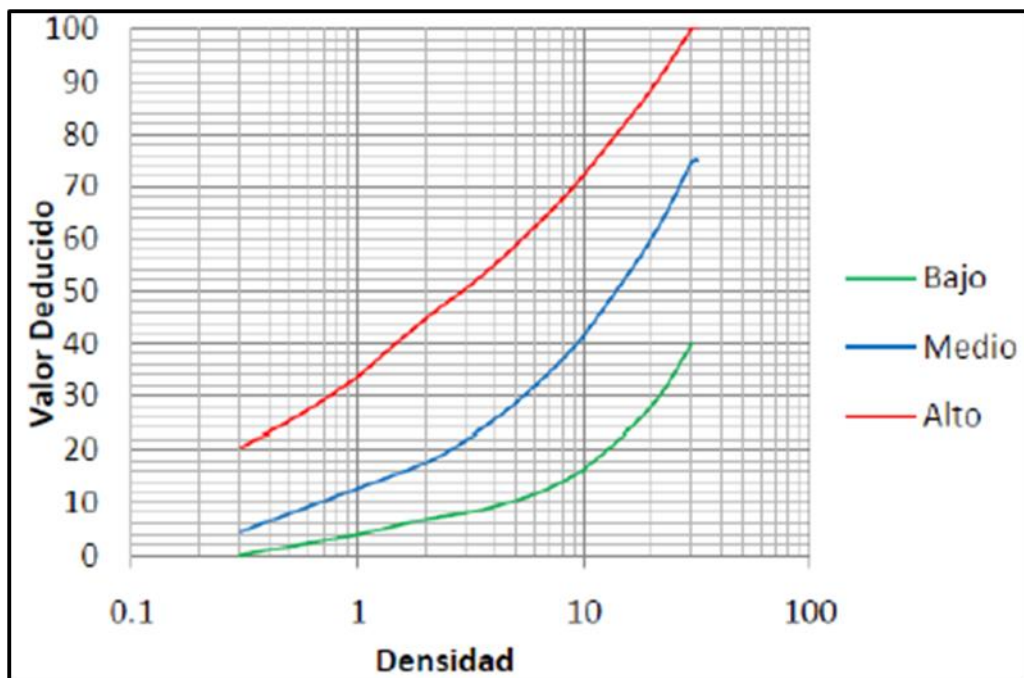
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Agrietamiento en bloque



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 39

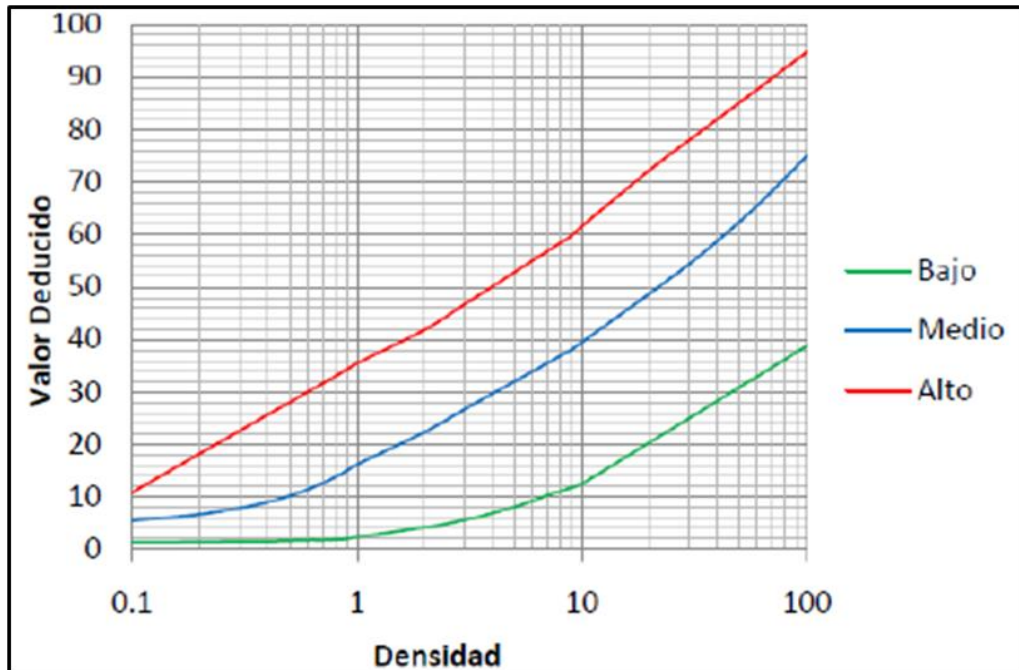
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Abultamientos y hundimientos



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 40

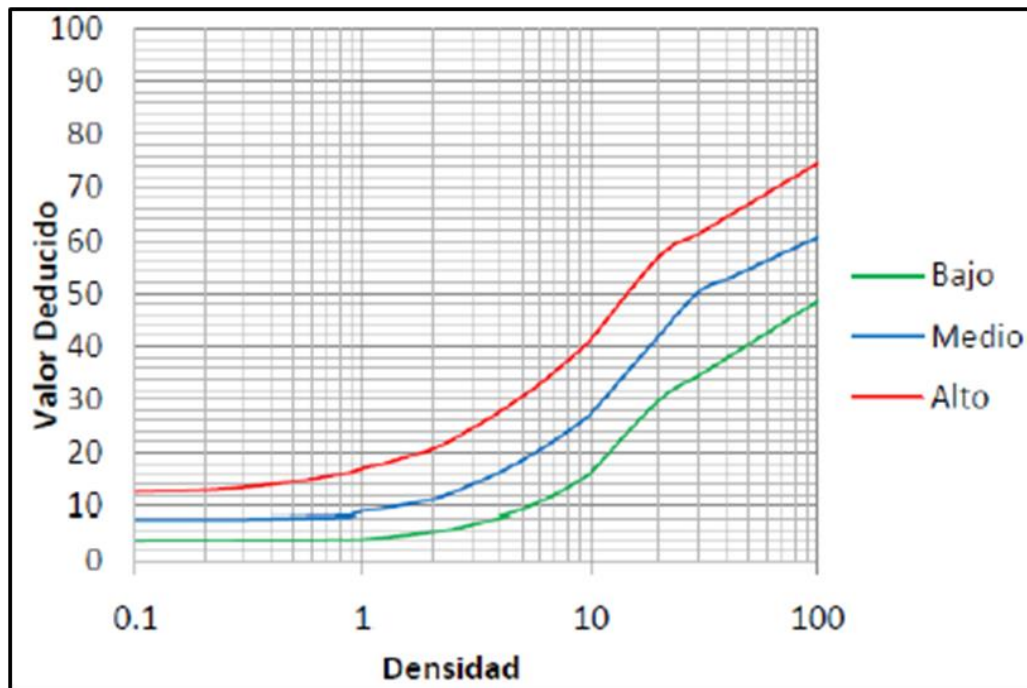
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Corrugación



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 41

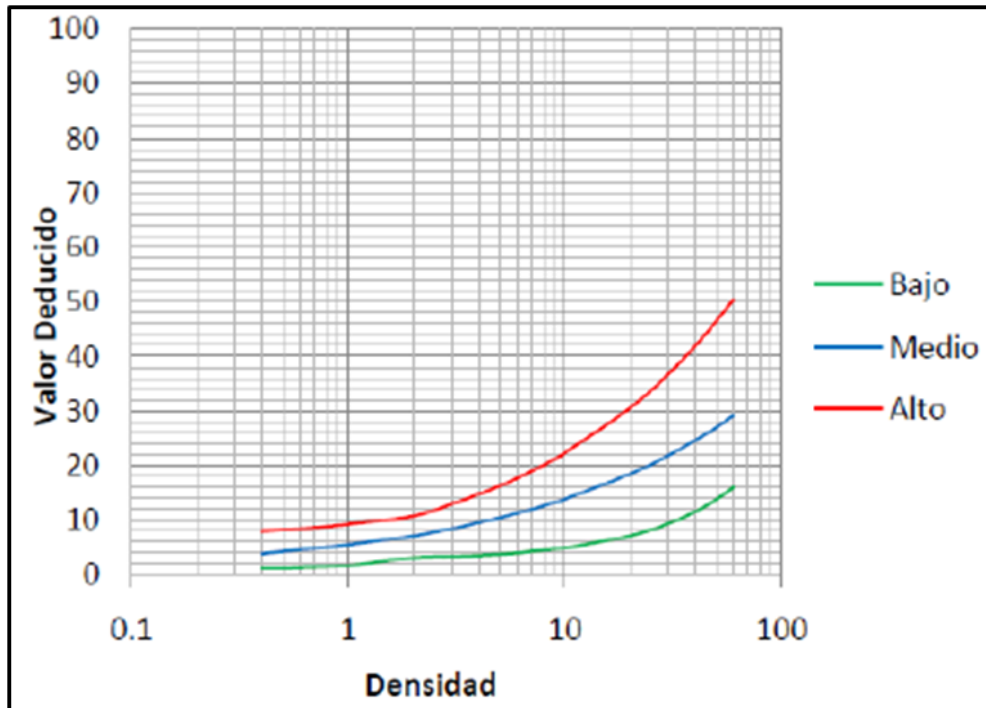
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Depresión



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 42

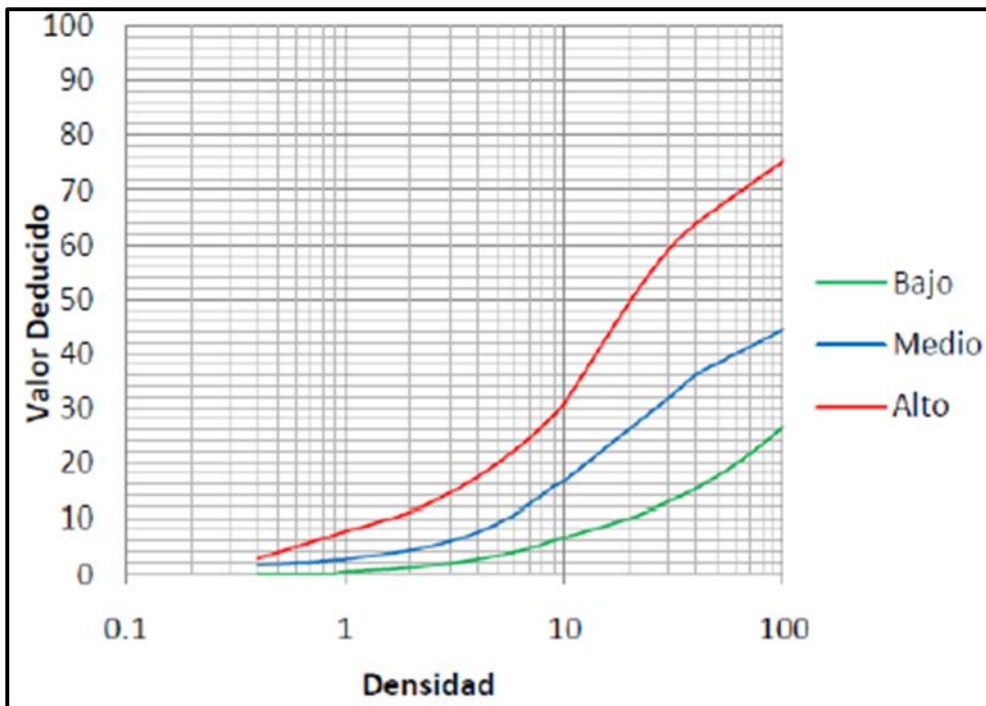
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta de borde



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 43

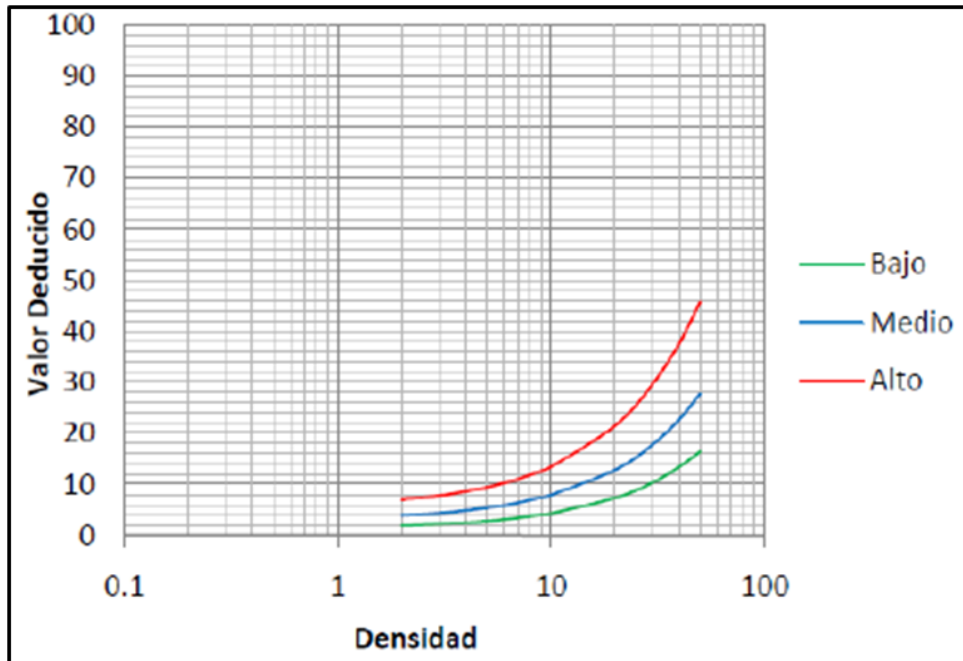
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta de reflexión de junta



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 44

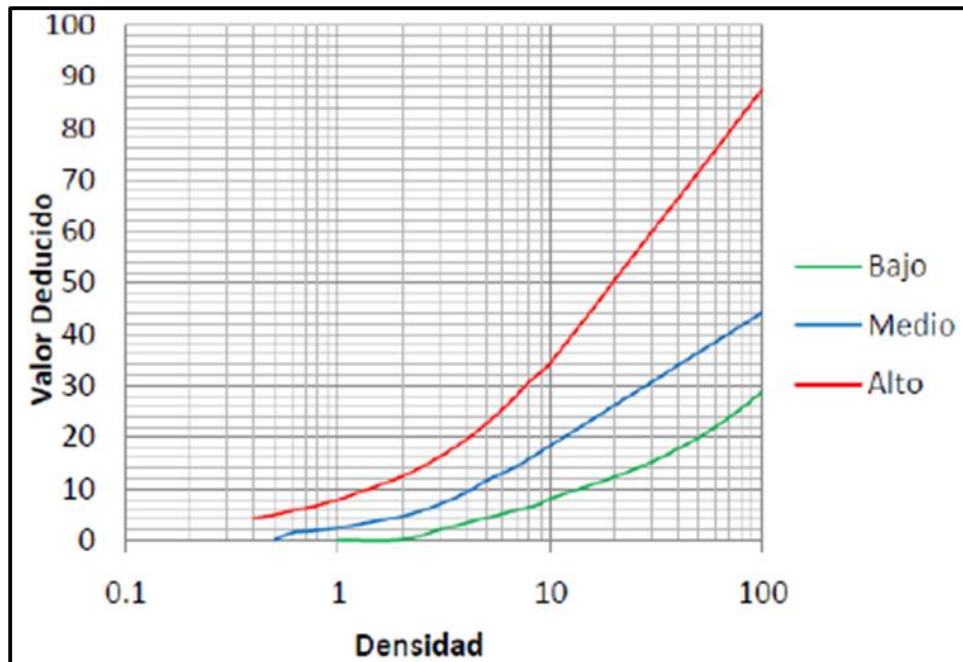
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desnivel carril / berma



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 45

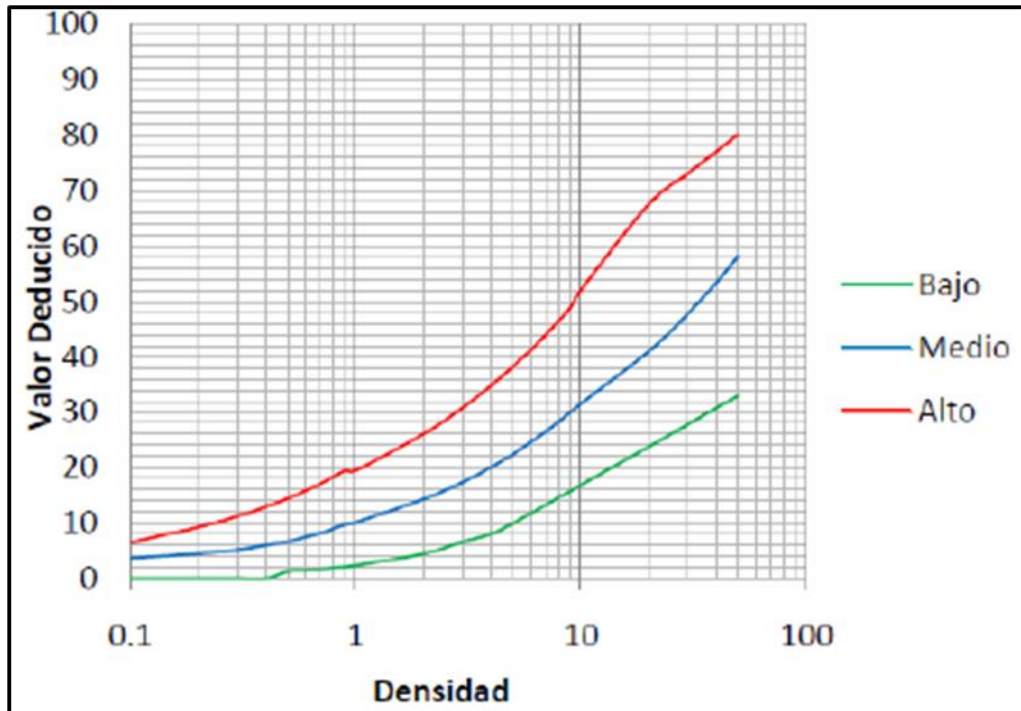
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Fisuras longitudinales y transversales



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 46

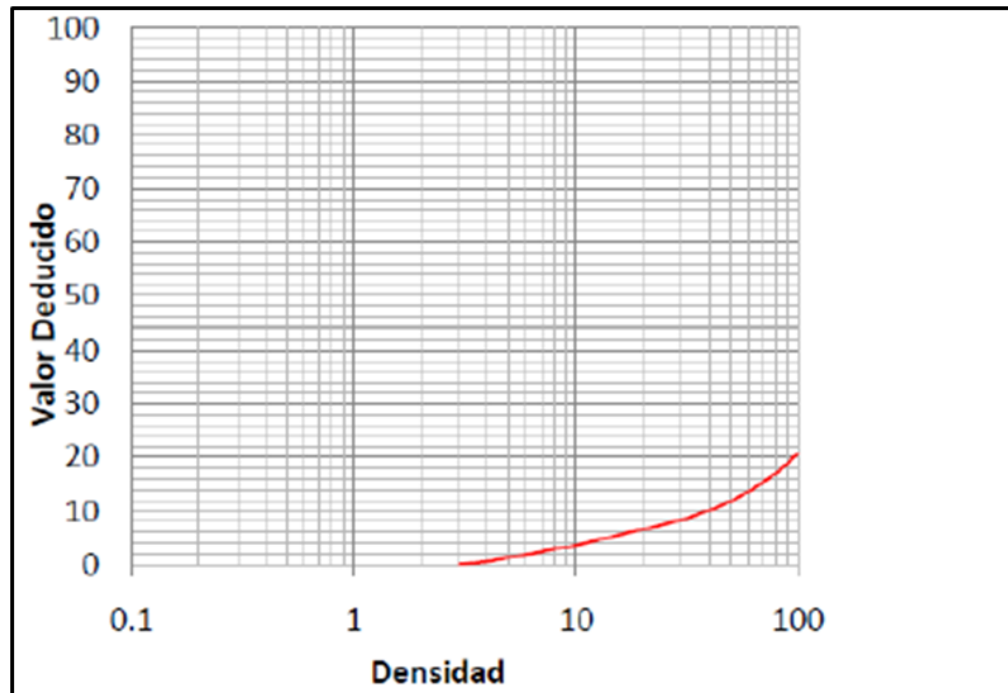
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Parcheo



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 47

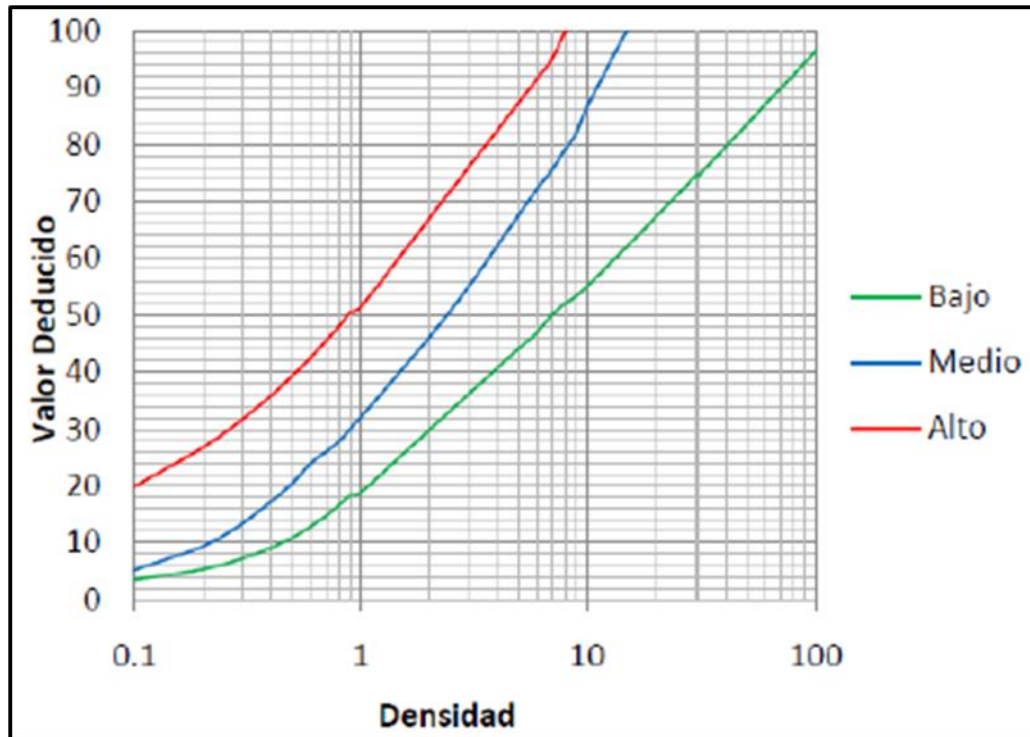
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Pulimiento de agregados



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 48

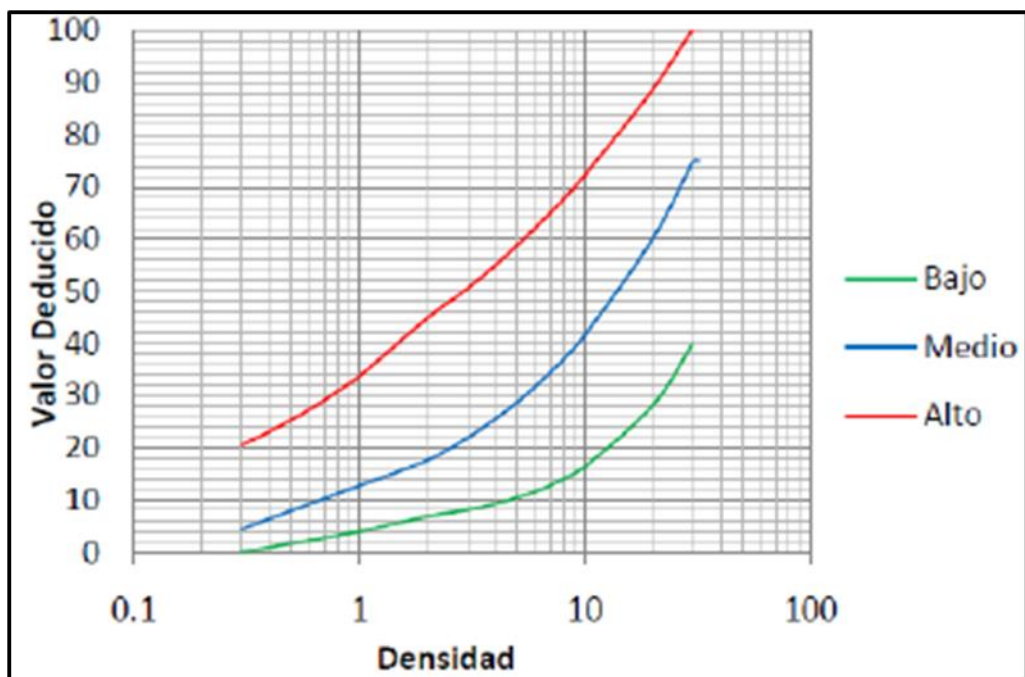
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Huecos



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 49

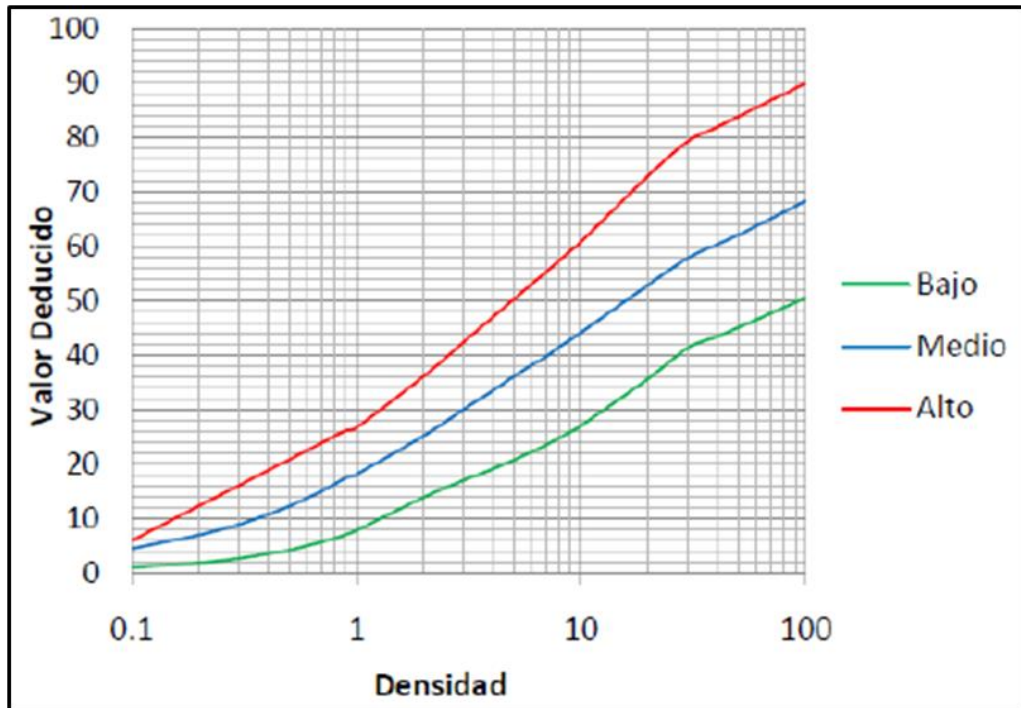
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Cruce para vía férrea



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 50

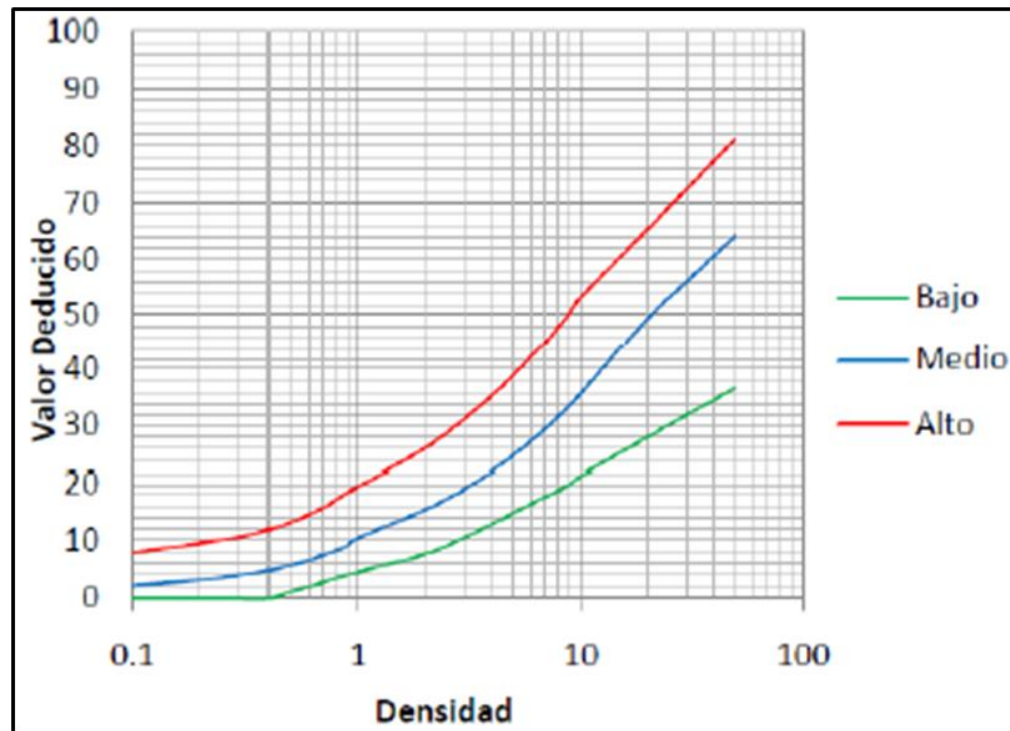
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Ahuellamiento



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 51

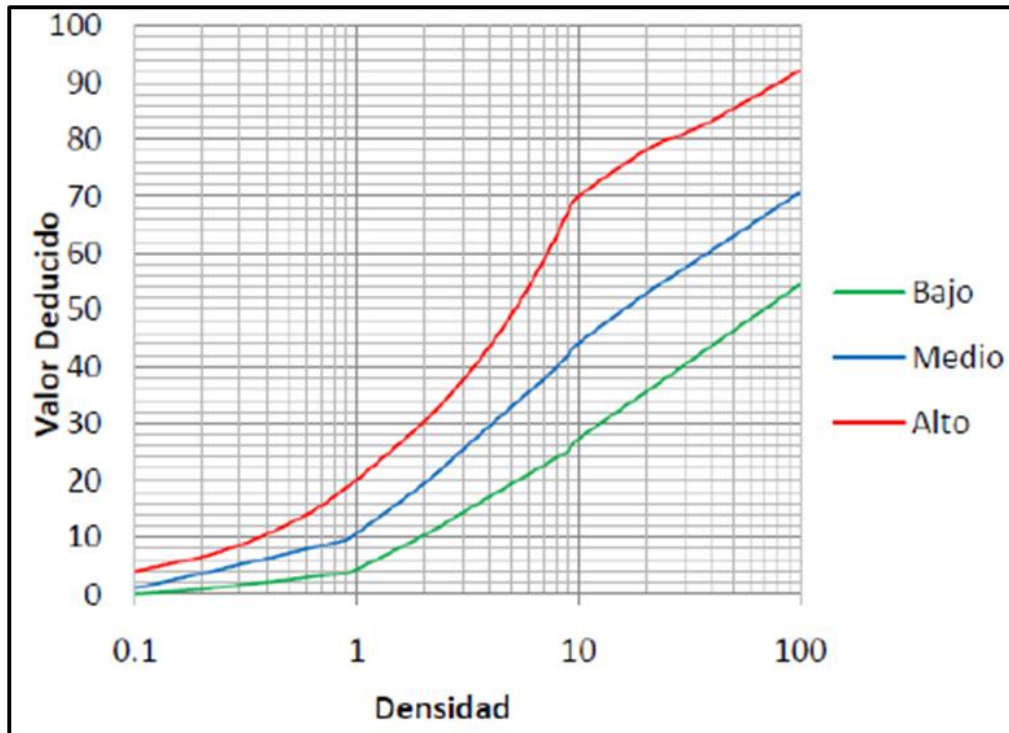
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desplazamiento



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 52

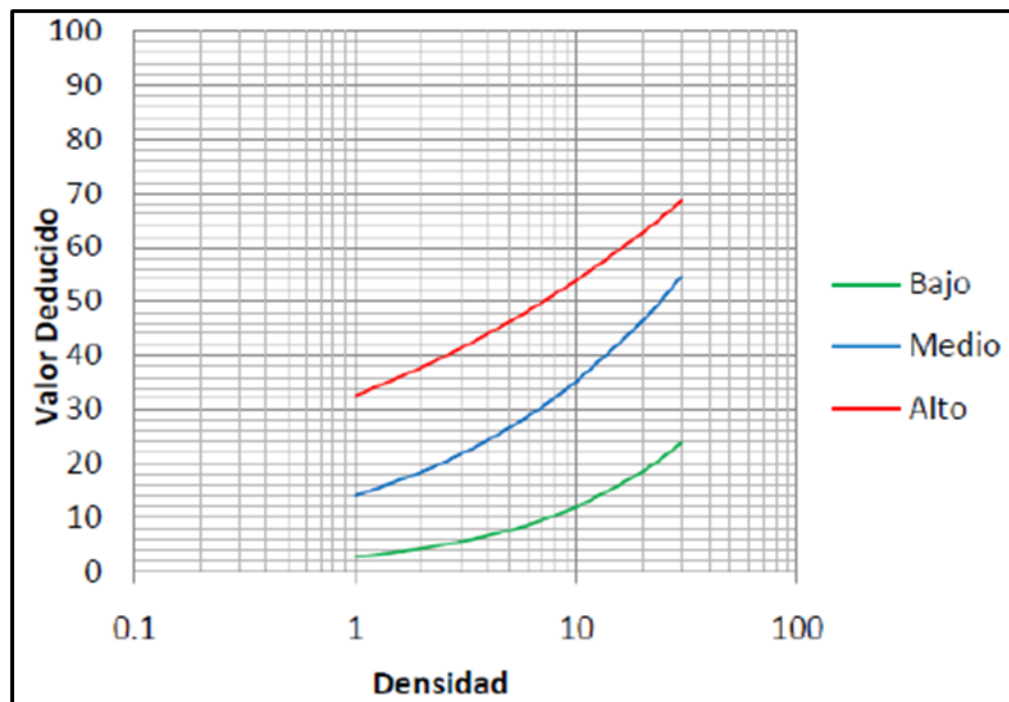
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Grieta parabólica



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 53

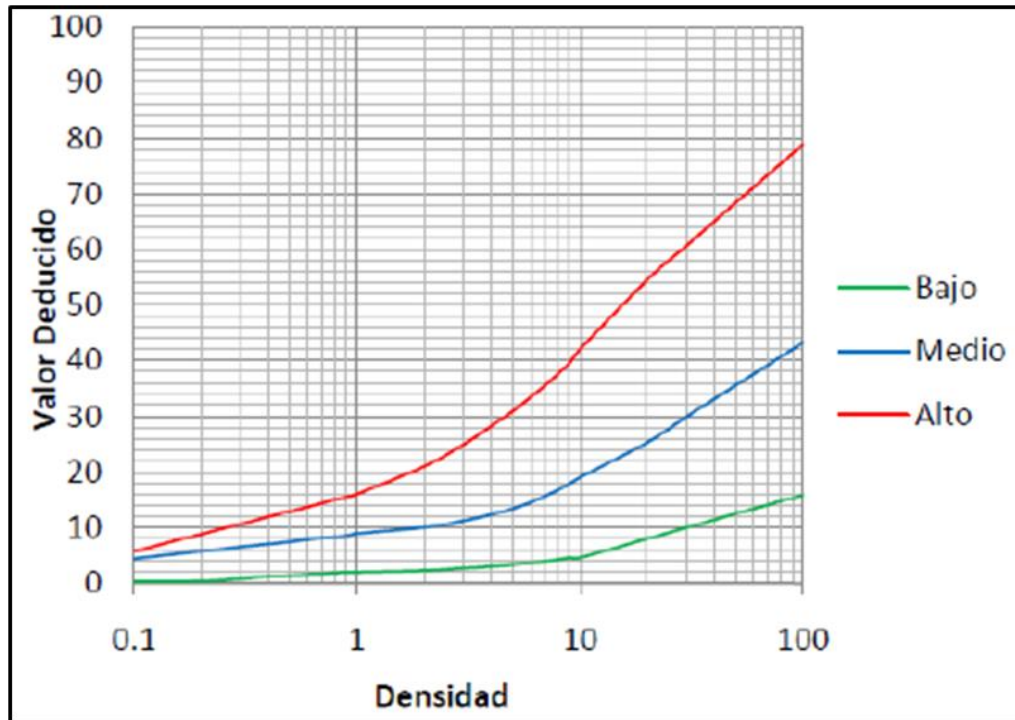
Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Hinchamiento



Nota. Adaptado del Manual PCI.

Figura 54

Valores deducidos para pavimentos asfálticos – Desprendimiento de agregado



Nota. Adaptado del Manual PCI.