

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl
Mata de la Cruz y Cesar Vallejo – Departamento de Piura

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Espinoza Ramírez, Aarón Alexander

Gallo Rivas, Alex Junior

Jurado Evaluador:

Presidente : Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario : Hurtado Zamora, Oswaldo

Vocal : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

Piura - Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/11/24

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl
Mata de la Cruz y Cesar Vallejo – Departamento de Piura

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Espinoza Ramírez, Aarón Alexander

Gallo Rivas, Alex Junior

Jurado Evaluador:

Presidente : Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario : Hurtado Zamora, Oswaldo

Vocal : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

Piura - Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/11/24

Rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo - Departamento de Piura

ORIGINALITY REPORT

5%	6%	2%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	2%
2	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Student Paper	1%
3	Submitted to Universidad Alas Peruanas Student Paper	1%
4	repositorio.continental.edu.pe Internet Source	1%
5	repositorio.uns.edu.pe Internet Source	1%



Ing. Tito Alfredo Burgos Sarmiento
CIP 82596

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Tito Alfredo Burgos Sarmiento**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo – Departamento de Piura”**, de los autores Espinoza Ramírez Aaron Alexander y Gallo Rivas Alex Junior, dejo constancia de lo siguiente:

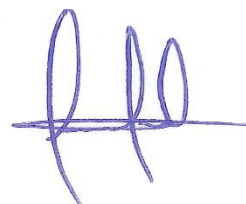
- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del **5%**. Así mismo lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día de **22 de noviembre del 2023**.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo – Departamento de Piura”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo, 22 de noviembre del 2023.



Espinoza Ramírez Aaron

DNI: 73018114



Gallo Rivas Alex Junior

DNI:73117061



Burgos Sarmiento Tito Alfredo

DNI: 42141206

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

DEDICATORIA

A Dios, por orientarme en mi camino, por siempre estar conmigo y haberme dado fuerzas y sabiduría para lograr mis objetivos.

A mis padres María y Reyner, por su cariño, comprensión y trabajo duro durante estos años, gracias a su esfuerzo y consejos me han permitido llegar hasta aquí. Nunca acabare de agradecer todo lo que hicieron por mí.

A mis hermanos que han influido en mi formación y que siempre han estado en los momentos que los necesite, dándome animo a seguir adelante.

A Sol, por su amor incondicional, su apoyo y preocupación sin expectativas.

A mis compañeros y todas las personas que me apoyaron a lo largo de este trayecto.

Br. GALLO RIVAS, ALEX JUNIOR

A Dios, por siempre estar en mi vida y guiarme por un camino correcto, por brindarme salud cada día y darme la dicha de tener una familia unida.

A mi padre, por enseñarme que en esta vida todo no es fácil y que uno se tiene que esforzar para lograr sus objetivos.

A mi madre, por ser una mujer extraordinaria y cariñosa que siempre ha estado para mi apoyándome y dándome un buen consejo de vida para seguir adelante.

A mis hermanas, por brindarme su conocimiento en toda mi vida escolar y siempre animarme a seguir adelante para poder lograr todos mis objetivos propuestos.

A las personas que considero amigos, porque siempre conté con su amistad y su apoyo a lo largo de mi vida.

Br. ESPINOZA RAMIREZ, AARON ALEXANDER

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos bendecido a lo largo de este camino, por darnos salud en esta situación difícil que se vive, por orientarnos y permitirnos compartir este logro con nuestras familias.

Agradecemos a nuestros padres y familia, que con su esfuerzo han logrado ser promotores de este sueño, por su apoyo incondicional y por sus consejos invaluable nos han permitido lograr una de nuestras metas profesionales.

Agradecemos a nuestro asesor el Ms. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo por su apoyo técnico y profesional, su invaluable conocimiento nos ha permitido desarrollar y culminar este presente trabajo de investigación.

Agradecemos a nuestros docentes del programa de estudio de ingeniería civil que compartieron sus conocimientos y experiencias, los cuales son indispensable para nuestro desarrollo profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar una propuesta de rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Don Bosco entre los tramos Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo del distrito de Veintiséis de Octubre, para lo cual se aplicó la metodología del PCI cuya finalidad es determinar la condición superficial del pavimento, así mismo se empleó el método descrito por AASTHO 93 para diseñar el nuevo paquete estructural del pavimento flexible. Respecto a la evaluación estructural esta se aplicó a través de ensayos destructivos de excavación con calicatas.

Del análisis e interpretación de los resultados a partir del método PCI se determinó que el pavimento flexible de la avenida Don Bosco tiene una condición buena en ambas calzadas esto a través de un valor PCI de 59.64 lo cual indica que requiere un mantenimiento vial, así mismo, existen dos secciones críticas ubicadas entre las progresivas 0+168 a 0+532 (tramo 01) y 1+680 a 2+044 (tramo 02) las cuales presentan condiciones entre malas a falladas donde se propone una rehabilitación. Respecto a la evaluación estructural se determinó que los materiales que conforman la calicata N°1 no cumplen los requerimientos de agregados fino lo que evidencia altos valores de plasticidad fuera de los rangos normativos, así mismo se evidencio que el material de la base del pavimento de las 3 calicatas realizadas no cumple los requerimientos granulométricos estipulados en las normas de diseño.

La investigación concluyo en una propuesta de diseño de pavimento flexible de 6 cm de espesor para la carpeta asfáltica, 25 cm para la base y 32.5 cm para la subbase, así mismo se determinó la ejecución de un mantenimiento periódico mediante un sello asfáltico de Slurry Seal, el costo de inversión para la rehabilitación y mantenimiento del pavimento flexible asciende a un monto de S/ 2,006,926.17 soles.

Palabras clave: Rehabilitación, diseño, evaluación, pavimento flexible.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to elaborate a proposal for the rehabilitation of the flexible pavement of Don Bosco avenue between the Raúl Mata de la Cruz and Cesar Vallejo sections of the Veintiséis de Octubre district, for which the PCI methodology was applied whose purpose is to determine the surface condition of the pavement, likewise the method described by AASTHO 93 was used to design the new structural package of the flexible pavement. Regarding the structural evaluation, this was applied through destructive excavation tests with test pits.

From the analysis and interpretation of the results from the PCI method, it was determined that the flexible pavement of Don Bosco avenue has a good condition on both roads, through a PCI value of 59.64, which indicates that it requires road maintenance, as well , there are two critical sections located between survey stations 0+168 to 0+532 (section 01) and 1+680 to 2+044 (section 02) which present poor to failed conditions where rehabilitation is proposed. Regarding the structural evaluation, it was determined that the materials that make up pit No. 1 do not meet the requirements for fine aggregates, which shows high plasticity values outside the normative ranges, likewise it was evidenced that the base material of the pavement of the 3 pits made do not meet the granulometric requirements stipulated in the design standards.

The investigation concluded in a proposal for the design of flexible pavement 6 cm thick for the asphalt layer, 25 cm for the base and 32.5 cm for the subbase, likewise the execution of periodic maintenance was determined by means of an asphalt seal of Slurry Seal, the investment cost for the rehabilitation and maintenance of the flexible pavement amounts to an amount of S/ 2,006,926.17 soles.

Key words: Rehabilitation, design, evaluation, flexible pavement.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado evaluador:

Siguiendo los procedimientos establecidos por el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y los requisitos estipulados en nuestra facultad de ingeniería, es grato hacerles llegar para su evaluación la presente tesis titulada: ° REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAÚL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO – DEPARTAMENTO DE PIURA” para así obtener el título profesional de ingeniero civil.

Nuestro proyecto fue desarrollado aplicando los conocimientos obtenidos durante la etapa universitaria, así como con las diferentes fuentes bibliográficas de consultada y el asesoramiento técnico profesional del ing. Tito Alfredo Burgos Sarmiento.

Atentamente.

Espinoza Ramírez, Aaron alexander

Gallo Rivas, Alex Junior

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
PRESENTACIÓN	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE IMAGENES	XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XVI
I.INTRODUCCIÓN	17
1.1 Problema de investigación	17
1.2 Formulación del problema.....	19
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivo específico.....	19
1.4 Justificación	19
1.4.1 Justificación técnica.....	19
1.4.2 Justificación metodológica	20
1.4.3 Justificación económica	20
II.MARCO DE REFERENCIA	21
2.1 Antecedentes del estudio.....	21
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3 Antecedentes Locales.....	23
2.2 Marco teórico	24
2.2.1 Pavimento.....	24
2.2.2 Tipos de pavimento.....	24

2.2.3 Estructura del pavimento flexible	26
2.2.4 Evaluación de pavimentos	28
2.2.5 Método del índice de condición del pavimento (PCI)	29
2.2.6 Fallas en el pavimento - método del PCI	31
2.2.7 Procedimiento de cálculo de la evaluación superficial de la condición del pavimento (PCI)	53
2.2.8 Evaluación estructural de pavimentos.	57
2.2.9 Evaluación estructural mediante excavación de calicatas.	60
2.2.10 Diseño pavimentos flexibles	69
2.2.11 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles.	82
2.3. Marco Conceptual	86
2.4 Hipótesis	87
2.5 Variable	87
2.5.1 Variable independiente	87
2.5.2 Operacionalización de variable	87
III.METODOLOGÍA EMPLEADA	89
3.1 Tipo y nivel de investigación	89
3.1.1 Tipo de investigación	89
3.1.2 Nivel de investigación	89
3.2 Población y muestra del estudio	89
3.2.1 Población.	89
3.2.2 Muestra	90
3.3 Diseño de investigación	92
3.4 Técnica e instrumento de investigación	92
3.4.1 Técnicas de recolección de datos:.....	92
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos:	93
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	93

IV.PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	95
4.1 Análisis de interpretación de resultados.....	96
4.1.1 Evaluación superficial del pavimento flexible.....	96
4.1.2 Evaluación estructural del pavimento flexible	110
4.1.3 Propuesta de diseño del pavimento flexible.....	117
4.1.4 Propuesta económica de rehabilitación del pavimento.....	134
4.2 Docimasia de hipótesis	140
CONCLUSIONES.....	142
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de clasificación del PCI.....	30
Tabla 2. Identificación de ensayos de laboratorio	61
Tabla 3. Tamiz de malla cuadrada para granulometría	62
Tabla 4. Clasificación de suelos según tamaño de partículas	62
Tabla 5. Caracterización del suelo según su índice de plasticidad	64
Tabla 6. Correlación de los tipos de suelos por el método AASHTO – SUCS	65
Tabla 7. Clasificación de los suelos basada en los métodos AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.....	66
Tabla 8. Categorías de Sub rasante.....	68
Tabla 9. Factor direccional y factor carril.....	70
Tabla 10. Tasa de crecimiento	71
Tabla 11. Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).....	72
Tabla 12. Factor de vehículos pesados.....	73
Tabla 13. Factor de ajuste por presión de neumático (FP)	74
Tabla 14. Módulo resiliente a partir de los valores de CBR de la subrasante	76
Tabla 15. Valores de confiabilidad en base del tipo de tráfico y periodo de diseño	77
Tabla 16. Valor del coeficiente de desviación estándar normal (ZR) en base del tráfico	78
Tabla 17. Cálculo de Serviciabilidad de diseño	79
Tabla 18. Calidad de drenaje de la subbase y base.....	81
Tabla 19. Valores para el cálculo del coeficiente de drenaje para bases y subbases granulares	82
Tabla 20. Correlación del PCI y el tipo de intervención a realizar	86
Tabla 21 Operacionalización de variable	88
Tabla 22. Área de estudio según tipo de vía.	91
Tabla 23. Unidades de muestreo a evaluar de la av. Don Bosco, tramo Raúl Mata la Cruz y Cesar Vallejo.	96
Tabla 24. Total, de fallas encontradas en el tramo 01	97
Tabla 25. Resumen de daño en la av. Don Bosco – tramo 01	98
Tabla 26. Total, de fallas encontradas en el tramo 02.....	98
Tabla 27. Resumen de daño en la av. Don Bosco – tramo 02	100

Tabla 28. Cálculo del PCI del tramo 01	101
Tabla 29. Cálculo del PCI del tramo 02.....	102
Tabla 30. PCI de la av. Don Bosco, tramo Raúl Mata la Cruz y Cesar Vallejo...	104
Tabla 31. Porcentaje de incidencia del estado del pavimento para el tramo 01 .	104
Tabla 32. Porcentaje de incidencia del estado del pavimento para el tramo 02.	106
Tabla 33. Resumen de clasificación del PCI y método de intervención – tramo 01	107
Tabla 34 Resumen de clasificación del PCI y método de intervención – tramo 02	108
Tabla 35. Distribución de calicatas en la avenida Don Bosco.	110
Tabla 36. Requerimiento granulométrico para base granular.	113
Tabla 37. Comparación del requerimiento granulométrico C - 01.	113
Tabla 38. Comparación del requerimiento granulométrico C - 02.	114
Tabla 39. Comparación del requerimiento granulométrico C - 03.	114
Tabla 40. Comparación de los requerimientos del límite líquido e índice de plasticidad.	115
Tabla 41. Requerimientos de CBR de la base de la avenida Don Bosco.....	116
Tabla 42. Requerimiento de CBR de la subrasante de la avenida Don Bosco ..	116
Tabla 43. Factor de corrección estacional del peaje Piura – Sullana.....	121
Tabla 44. Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 01.	122
Tabla 45. Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 02.	123
Tabla 46. Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 03.	124
Tabla 47. Cálculo del índice medio diario anual de la avenida Don Bosco.	125
Tabla 48. Cálculo del factor vehículo pesado para cada tipo de vehículo.....	127
Tabla 49. Factores para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes.	128
Tabla 50. Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL).	129
Tabla 51. Resumen de parámetros de diseño de pavimentos flexibles	131
Tabla 52. Tabla salarial de mano de obra para construcción civil 2022 - 2023..	134
Tabla 53. Resumen de metrados de rehabilitación – Alternativa 01.	135
Tabla 54. Presupuesto de rehabilitación del pavimento – Alternativa 01.	136
Tabla 55. Resumen de metrados de rehabilitación – Alternativa 02.	136
Tabla 56. Presupuesto de rehabilitación del pavimento – Alternativa 02.	138

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Pavimento articulado.....	24
Imagen 2. Pavimento rígido.....	25
Imagen 3. Pavimento flexible.	26
Imagen 4. Estructura del pavimento flexible.....	27
Imagen 5. Falla piel de cocodrilo.....	31
Imagen 6. Falla piel de cocodrilo de severidad nivel bajo	32
Imagen 7. Falla piel de cocodrilo de severidad nivel medio	32
Imagen 8. Falla piel de cocodrilo de severidad nivel alto	33
Imagen 9. Mancha en pavimentos de severidad nivel bajo.....	34
Imagen 10. Mancha en pavimentos de severidad nivel medio.....	34
Imagen 11. Mancha en pavimentos de severidad alto	35
Imagen 12. Falla grietas de contracción o de bloque	36
Imagen 13. Falla agrietamiento en bloque de severidad alto	37
Imagen 14. Falla de hundimiento	38
Imagen 15. Corrugaciones en el pavimento	39
Imagen 16. Depresiones en el pavimento	40
Imagen 17. Grietas de borde en el pavimento.....	41
Imagen 18. Falla de grieta de reflexión de junta.....	42
Imagen 19. Falla desnivel carril / berma.....	43
Imagen 20. Grietas longitudinales en el pavimento.....	44
Imagen 21. Parcheo en el pavimento.....	45
Imagen 22. Falla de pulimento de agregados	46
Imagen 23. Huecos en el pavimento	47
Imagen 24. Falla de cruce de vía férrea	48
Imagen 25. Falla de ahuellamiento de severidad media.	49
imagen 26. Falla de desplazamiento en el pavimento.....	50
Imagen 27. Falla de grietas parabólicas de severidad alta.	51
Imagen 28. Falla de hinchamiento de severidad media.	52
Imagen 29. Falla de desprendimiento de agregados	53
Imagen 30. Correlación entre la clasificación del suelo, el CBR y el módulo resiliente.....	68
Imagen 31. Curva de deterioro de un pavimento	83

Imagen 32. Avenida Don Bosco	89
Imagen 33. Sección de la avenida Don Bosco	90
Imagen 34. Número de incidencia de fallas en el tramo 01	98
Imagen 35. Número de incidencia de fallas en el tramo 02.....	100
Imagen 36. Perfil del estado del pavimento por unidad de muestreo – tramo 01	102
Imagen 37. Perfil del estado del pavimento por unidad de muestreo - tramo 02	103
Imagen 38. Estado del pavimento flexible de la avenida Don Bosco – tramo 01	105
Imagen 39. Estado del pavimento flexible de la avenida Don Bosco – tramo 02	106
Imagen 40. Porcentaje de intervención para la avenida Don Bosco – tramo 01 y 02	109
Imagen 41. Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°01	111
Imagen 42. Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°02.	112
Imagen 43. Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°03.....	112
Imagen 44. Ubicación de estaciones de control de trafico	117
Imagen 45. Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N° 01.	118
Imagen 46. Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N° 02	119
Imagen 47. Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N° 03.	120
Imagen 48. Distribución del tráfico de la avenida Don Bosco.....	126
Imagen 49. Espesores estructurales del pavimento flexible de la avenida Don Bosco.	132
imagen 50. Descripción del paquete estructural para el pavimento flexible – opción 01.....	133
imagen 51. Descripción del paquete estructural para el pavimento flexible – opción 02.....	133

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de las unidades mínimas de muestreo	54
Ecuación 2. Espaciamiento de las unidades de muestreo	54
Ecuación 3. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos	56
Ecuación 4. Valor del PCI por unidad de muestreo	56
Ecuación 5. Valor del PCI por sección del pavimento	57
Ecuación 6. Cálculo del tránsito proyectado	71
Ecuación 7. Cálculo del ESAL de diseño	74
Ecuación 8. Cálculo del módulo de resiliencia	76
Ecuación 9. Cálculo del número estructural requerido	80
Ecuación 10. Cálculo del número estructural propuesto	80
Ecuación 11. Número de calicatas a realizar	91
Ecuación 12. Área de muestreo para el cálculo del PCI	91
Ecuación 13. Cálculo de las unidades de muestreo a evaluar	92
Ecuación 14. Cálculo del índice medio diario anual.	121

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

La infraestructura vial cumple un papel fundamental para el desarrollo económico de un país, es por ello que resulta vital plantear diseños viales acorde a las características de la zona, sin embargo y a pesar de su importancia existen países que aun presentan deficiencias con respecto al sistema de transporte, lo que es originado por malos planteamientos, ejecuciones y mantenimientos de los pavimentos, originando así su corta vida útil y pérdida de funcionalidad con el tiempo.

Con respecto a esta problemática el Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) en el 2018 analizo 7,019 km de red vial, donde señalo que del 100% de estos tramos pavimentados tan solo el 13.61% se encuentra en muy buen estado, el 33.58% en condiciones buenas, lo que constituye que tan solo el 47.19% tenga una buena calificación, respecto a ello también se indicó la preocupación en que se encuentra la red vial ya que el 34.28% está en estado regular, mientras que el 17.68% se encuentra en condiciones malas y el 0.86% en condiciones muy malas.

Problema similar se ha detectado en Chile, donde el Ministerio de Obras públicas a través de la Dirección de Viabilidad en el 2021 ha diagnosticado el estado de la red vial, donde señalo que de los 88,150,480 km tan solo el 24.49% se encuentra pavimentado con rodaduras de concreto y asfalto, mientras que el 21.50% tan solo cuenta con soluciones básicas, además señalo que existe un 54.01% de red por pavimentar, lo que representan un total de 47,610,074.25 km de red vial por mejorar.

De igual forma la Academia de Ingeniería Mexicana en el 2019 ha determinado que 19% de la infraestructura de transporte de este país no está en condiciones de funcionamiento y tan solo el 36% se encuentra pavimentada de un total de 371,936 km de carreteras, lo cual señala la precaria situación en que se encuentra su sistema vial.

Respecto a nuestro país es necesario indicar que la problemática se encuentra en los tres niveles de clasificación del sistema vial. De acuerdo a ello el SINAC en el año 2021 identificado que tan solo el 83.58% de la red vial nacional se encuentra

pavimentada, donde el 56.28% esta asfalta y 27.30% cuenta con soluciones básicas de estabilización de suelos, dicho análisis se realizó teniendo en cuenta que la red vial tiene una extensión de 27,041.3 km. Problemática similar ocurre en el sistema vial departamental donde 83.32% no cuentan con las condiciones de transitabilidad adecuadas debido a la falta de pavimentación, las regiones de Cusco, Huancavelica y la Libertad presentan una gran incidencia de zonas por pavimentar, mientras que las regiones de Ancash, Arequipa y Puno cuentan con mayor extensión de red pavimentada, donde Ancash alcanza 526.7 km, Arequipa con 974.5 km mientras que Puno 790.0 km todas ellas en condiciones asfaltadas.

Con respecto al sistema vial de la provincia de Piura se debe señalar que este cuenta con una extensión de 6,498.3 km, de la cual tan solo 333.3 km se encuentran asfaltados lo que representa que el 5.12% del sistema vial tenga las condiciones adecuadas de transitabilidad, donde las ciudades de Piura y Sechura tiene mayor incidencia de pavimentación, caso contrario sucede en las ciudades de Paita y Ayabaca las cuales con tan solo 18.6 km y 30.9 km (ambas en condiciones asfaltas) son las zonas que cuentan con menor incidencia de red vial pavimentada.

Se debe señalar que nuestra vía en estudio no es ajena a la problemática local, sumado a ello en el año 2017 la avenida Don Bosco fue rehabilitada después de sufrir los estragos de las lluvias ocasionadas por el fenómeno del niño, el gobierno regional de Piura encargado de estos trabajos ejecuto la obra llamada “Rehabilitación de la Av. Don Bosco desde la Av. Gullman hasta la calle 02 – distrito de Veintiséis de Octubre – Provincia de Piura – Departamento de Piura” con un costo de inversión de S/4,364,764.52, con la finalidad de recuperar las condiciones de transitabilidad de la zona, para ello se realizaron los trabajos de reposición de la base granular estabilizada con cemento y la colocación de una nueva carpeta de rodadura asfáltica.

Respecto a lo anterior expuesto nuestra investigación busca analizar las constantes fallas que sufre el pavimento de la avenida Don Bosco entre los tramos Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo ya que esta es una vía con alto volumen de tránsito y a pesar de ser rehabilitada hace unos años, esta continúa presentando deficiencias, lo que genera malestar a la población, por lo cual nuestra investigación pretende a su vez plantear una propuesta de solución.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo rehabilito el pavimento flexible en la avenida Don Bosco entre el tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de rehabilitación del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo - Departamento de Piura

1.3.2 Objetivo específico

- Determinar la condición superficial del pavimento flexible mediante el método del PCI.
- Analizar la condición estructural del pavimento a través de ensayos destructivos de excavación de calicatas.
- Realizar una propuesta de diseño de pavimento flexible mediante la metodología AASHTO-93.
- Realizar una propuesta económica de la rehabilitación del pavimento.

1.4 Justificación

La presente investigación se realizó con la finalidad de conocer la condición del pavimento flexible en la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo, ya que a menudo esta vía urbana con alto volumen de tráfico presenta constantemente deficiencias originado por los malos diseños y controles durante la ejecución de obra, lo que ocasiona un corto periodo de vida útil del pavimento.

1.4.1 Justificación técnica

La evaluación del pavimento flexible se basa en la necesidad de conocer las causas que originan las fallas, para ello se plantea una evaluación superficial y estructural, para así proponer una rehabilitación del pavimento y mejorar las condiciones de transitabilidad de la vía. Es necesario señalar que las construcciones de vías urbanas y carreteras deben contemplar las necesidades técnicas de la zona y a la vez seguir los criterios normativos estipulados para su diseño, construcción y mantenimiento.

1.4.2 Justificación metodológica

La presente investigación servirá como base científica para una futura rehabilitación de esta vía urbana y así poder evitar las constantes fallas que presenta durante su periodo de operación, a su vez recomendar algunas alternativas y criterios a tener en cuenta, para lo cual se aplicará la metodología de evaluación superficial de pavimentos PCI (Índice de condición de pavimentos), los métodos de ensayos destructivos y la guía de diseño propuesta por AASTHO 93.

1.4.3 Justificación económica

Nuestra investigación se realiza con la finalidad de determinar el estado real de la vía, para así proponer soluciones optimas, que permitan evitar una constante rehabilitación del pavimento, además es necesario señalar que nuestra propuesta de rehabilitación a elaborar buscara el equilibrio técnico y económico de modo que la vía garantice su periodo de diseño, pero a su vez tenga un costo de inversión que permita ejecutar el proyecto de rehabilitación.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

Becerra & Sánchez (2018) en su tesis titulada *“Evaluación de la condición del pavimento del sector el valle y su marco sostenible”* Universidad de Cuenca. Tuvo como objetivo principal evaluar la condición de un conjunto de pavimentos del sector de El Valle, para lo cual se aplicó la metodología del PCI (índice de condición del pavimento), Windshiel Pavement Condition Index y el Formulario de Acreditación Vial propuesto por el ministerio de obras públicas de Ecuador, donde se obtuvo como resultados mediante la aplicación del PCI que el 42.31% de las vías de la red de El Valle se encuentran en condiciones pobres, mientras que por el método Windshield se determinó que el 39% de dicha red está en condiciones muy pobres, a su vez el método de acreditación vial del MTOP indica que el 64.09% de la red vial se encuentra en condiciones malas. Por tanto, la investigación concluyo que el uso de la metodología Windshiel es el más adecuado para la red vial de El Valle, ya que es un método confiable, económico y con un menor tiempo de aplicación, la cual a su vez permitió determinar que el costo de rehabilitación asciende a un monto de 282,537.99 dólares.

Garcés (2018) en su tesis *“Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues – Cojitambo – Deleg – La Raya”* Universidad de Cuenca. Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar el estado actual de la vía Azogues – Cojitambo – Deleg – La Raya, la cual es una vía con alta demanda de tráfico y que se encuentra altamente deteriorada por la combinación de diferentes factores externos como el agua de lluvia, acción repetitiva de tráfico y la falta de mantenimiento, acelerando así el proceso de deterioro de la estructura del pavimento. La investigación concluyo luego de aplicar la metodología PCI que el pavimento se encuentra en un estado malo dando como resultado un índice de condición de pavimento de 41, también se logró detectar las fallas más comunes que se presentan en el pavimento en estudio las cuales son: piel de cocodrilo, fisuras, hundimiento, baches, pulimiento de agregados. Para esta problemática encontrada se planteó actividades para remediar los daños encontrados, tales

como sobrecapas y reconstrucción de tramos destruidos, dichas alternativas fueron diseñadas de acuerdo a las recomendaciones dadas por la AASTHO 93.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Larios & Mendoza (2021) en su tesis titulada “*Rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Salvador Lara, Trujillo 2021*” Universidad Cesar Vallejo. Tuvo como objetivo principal realizar un diseño para la rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Salvador Lara, para lo cual se aplicó la metodología de evaluación superficial de pavimentos PCI y el método de diseño AASTHO 93, del PCI se obtuvo que la condición actual del pavimento es muy mala, mientras que por el método AASTHO 93 se determinó que el tráfico de diseño es de 1,530,871 EE, por lo cual la nueva estructura del pavimento son de espesores de 7.5 cm para la carpeta asfáltica, 20 cm para la base y 20 cm para la subbase. La investigación concluye que al rehabilitar la vía con los espesores estructurales propuestos se podrá garantizar el adecuado funcionamiento del pavimento durante todo su periodo de diseño. Por tanto, la investigación brinda como aporte un mayor conocimiento técnico de las metodologías que se deben emplear para la rehabilitación de pavimentos flexibles.

Silva (2019) en su investigación titulada “*Evaluación visual y estructural del pavimento flexible de la urbanización los Jardines, Barranca-2017*”, trabajo de investigación para obtener el título profesional, tuvo como objetivo principal realizar una evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la urbanización los Jardines, para lo cual se empleó la metodología del PCI (índice de condición del pavimento) y métodos de ensayos no destructivos como la viga Benkelman, donde se obtuvo como resultados que al aplicar el PCI este determinó que la avenida Miramar y Manco Capac se encuentran en un estado de conservación bueno, mientras que las avenidas Los Libertadores y Independencia se encuentran en un estado muy malo, de la evaluación estructural usando la Viga Benkelman y mediante correlaciones de los datos obtenidos, se pudo determinar que el CBR de la avenida Miramar y Manco Cápac es de 8.062% mientras que para las avenidas Los Libertadores y Independencia es de 7.355%. La investigación realizada concluye que se debe colocar una capa adicional de 4.8 cm de asfalto como una medida de refuerzo del pavimento, ya que esta vía cuenta con un mal paquete estructural, pero con una subrasante adecuada.

2.1.3 Antecedentes Locales

Cueva & Tume (2021) en su tesis titulada “Evaluación del pavimento flexible aplicando la metodología PCI, en la avenida las Casuarinas de la urbanización Santa María del Pinar de la ciudad de Piura” tuvo como objetivo principal determinar el estado de conservación del pavimento flexible de la avenida las Casuarinas, para lo cual aplico la metodología descrita por el PCI. De análisis de la vía se obtuvo que la calzada de este a oeste tiene un PCI de 51.18 mientras que la calzada de oeste a este tiene un PCI de 48.27, por lo cual se determinó que el estado de conservación de la vía es regular. La investigación concluyo dando como propuesta una rehabilitación del pavimento flexible en ambas calzadas de la vía, para luego realizar un tratamiento superficial con la colocación de un mortero asfáltico llamado Slurry Seal en la carpeta asfáltica del pavimento, lo cual permitirá mejorar su condición superficial.

Correa & Carpio (2019) en su investigación titulada “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura” tuvo como objetivo principal realizar una evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Los Incas, para lo cual se aplicó la metodología descrita por el PCI (Índice de condición del pavimento). Del análisis realizado a cada tramo de la vía se pudo determinar que el sector 1 tiene un PCI de 38 lo cual es clasificado como pobre, del sector 2 se tiene un PCI de 68 lo que corresponde a una condición buena, mientras que para el sector 3 se tiene un PCI de 83 lo cual es clasificado como muy bueno. La investigación concluyo que para el sector 1 se debe plantear una rehabilitación realizando actividades como demolición y reemplazo de la carpeta asfáltica, para el sector 2 se debe plantear un mantenimiento periódico para lo cual se deben realizar actividades como parchado, sellado asfáltico o aplicación de pintura para demarcaciones, mientras que para el sector 3 donde se debe plantear un mantenimiento rutinario se deben realizar actividades como parchados profundos y superficiales, dichas actividades a realizarse en cada sector permitirán mejorar la condición de la vía.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Pavimento

Es la unión de varias capas que se encuentran construidas sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir las cargas originadas por el tráfico y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad durante la circulación de vehículos. Por lo general tiene la siguiente estructura de capas: subbase, base y carpeta de rodadura (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

2.2.2 Tipos de pavimento

Los tipos de pavimentos se clasifican de acuerdo a la conformación del paquete estructural que lo componen y a la distribución de carga que se presenta en cada una de estas, de lo anterior expuesto se tiene la siguiente clasificación:

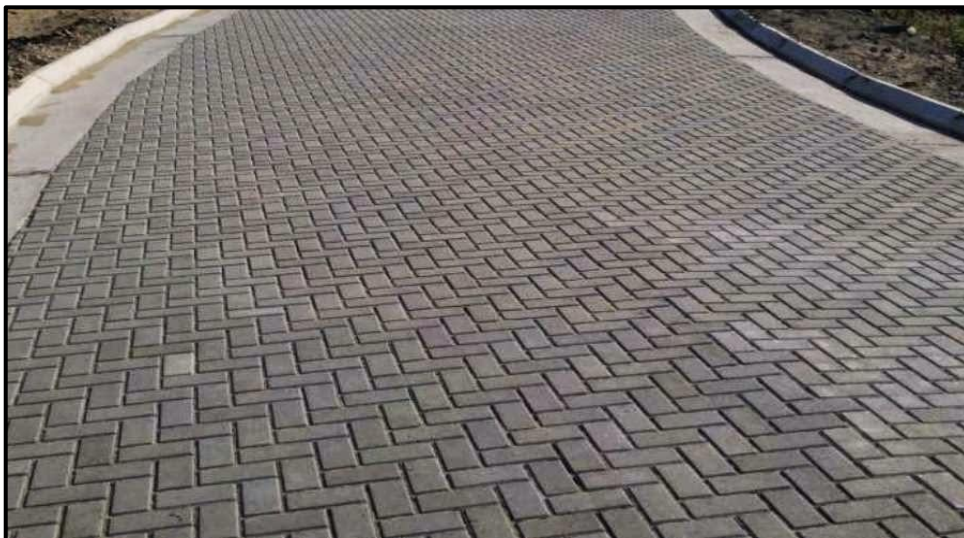
Pavimento articulado.

Consiste en una estructura formada por una capa asfáltica y sustratos revestidos de cal, asfalto o cemento. El adoquín también se considera un pavimento articulado.

todos estos materiales deben ser capaces de soportar las cargas generadas por aviones o camiones.

Imagen 1

Pavimento articulado.



Fuente: (IngeCivil, 2018)

Pavimento rígido.

Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante (By Alicaresp, 2019).

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas (By Alicaresp, 2019).

Imagen 2

Pavimento rígido.



Fuente: (IngeCivil, 2018)

Pavimentos flexibles

Está compuesta por capas granulares las cuales son base y subbase, y una capa de rodadura oleosa en frío o caliente que pueden ser: lechada o mortero asfáltico, una carpeta asfáltica en frío, micro pavimento en frío, etc.

Tiene un tiempo de vida útil de entre 10 a 15 años el cual requiere mantenimiento continuo, el costo inicial de construcción es económico. Constituido principalmente

de una carpeta asfáltica y se construye principalmente donde existe mayor cantidad de tráfico (Rocas y Minerales, 2016).

Imagen 3

Pavimento flexible.



Fuente: (IngeCivil, 2018)

2.2.3 Estructura del pavimento flexible

Subrasante

Es la capa superior del fondo de una excavación en el terreno natural que está destinada a soportar la estructura del pavimento y consiste en suelos seleccionados de propiedades aceptables que se compactan capa por capa para formar un cuerpo estable en condiciones óptimas, de forma que no se deforme, bajo el efecto de las cargas de diseño debidas al tráfico (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Sub base

Es una determinada capa de material cuyo espesor se calcula para soportar la base y la capa asfáltica. Además, se utiliza como capa de drenaje y regulador capilar del agua. Dependiendo del tipo, textura y tamaño del pavimento, se puede omitir esta capa. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) o revestida de asfalto, cal o cemento (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Base

Es la capa inferior a la capa asfáltica que tiene como función principal soportar, distribuir y transmitir la carga provocada por los vehículos. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) revestida de asfalto, cal o cemento (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Capa superficial o capa de rodadura

Es la parte superior de un pavimento, flexible (asfáltico) o rígido (concreto de cemento portland) o de adoquines cuya función es soportar directamente el tránsito (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Esta capa transmite el tráfico a la capa base sobre la que descansa y también proporciona una superficie adecuada para resistir el movimiento vehicular. También debe tener la menor permeabilidad posible para que la mayor parte del agua superficial fluya a través de él, reduciendo la cantidad de agua que llega al suelo. Por regla general, la carpeta asfáltica de mayor calidad se produce con mezcla asfáltica y puesta en caliente (Vise, 2021).

Imagen 4

Estructura del pavimento flexible.



Fuente: (Vise, 2021).

2.2.4 Evaluación de pavimentos

La evaluación del pavimento proporciona información sobre la estructura del pavimento y el estado de la superficie, lo que permite la detección oportuna del deterioro existente para aplicar y establecer las medidas de mantenimiento adecuadas. El deterioro del pavimento en el momento adecuado puede evitar costos significativos en el futuro. Es importante realizar una evaluación del pavimento para determinar qué intervenciones se pueden realizar en la vía para lograr los objetivos de prolongar la vida útil de la vía y brindar un mejor servicio para los usuarios, por ello es importante realizar una evaluación objetiva.

Ya que las fallas es una respuesta interactiva compleja de materiales, diseño, medio ambiente y tránsito vehicular, y todos estos factores al ser combinados son los causantes del desgaste y deterioro paulatino del pavimento, agravándose con el tiempo al no recibir un mantenimiento adecuado.

En resumen, al detectar fallas a través de la evaluación del pavimento, se previenen estas y se establecen acciones correctivas para reducir costos y garantizar que los pavimentos cumplan con los objetivos de servicio.

Para establecer un diagnóstico adecuado del pavimento, se realiza dos evaluaciones, del estado superficial y del estado estructural del pavimento.

Evaluación superficial de pavimentos

Son aquellas que afectan directamente a la transitabilidad de los vehículos, es decir a las características aceptables de la carpeta de rodadura, la seguridad y la estética que brinda la vía al usuario.

- PCI – Índice de Condición del Pavimento, EE. UU: El valor de PCI se calcula con base en observaciones visuales de las condiciones del pavimento y las fallas se registran por tipo, severidad y cantidad de unidades en cada sección. Este método se utiliza para establecer un índice de deterioro del pavimento, lo que permite la identificación temprana de las principales necesidades de recuperación, también cabe recalcar que este método cuenta con 19 fallas o clases que muestran el deterioro paulatino que sufre el pavimento.

- DNIT - Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte, Brasil: evaluar objetivamente la superficie del pavimento contando, clasificando y midiendo el daño, a través de la cual se identificaron ocho tipos de falla por deformación permanente sobre la carpeta de rodadura.
- PASER - Evaluación Superficial y Rango de Pavimento, EE. UU: Este método clasifica el inventario de fallas en un intervalo del 1 al 10. Lo refleja la condición de la superficie del pavimento, pero no la condición estructural o la vida útil del resto del pavimento.
- VIZIR - Inspección Visual de Daños en Carreteras, Francia: Al clasificar el deterioro del pavimento en dos grupos, Clase A y Clase B, que se relacionan con el daño estructural y la funcionalidad, el método calcula un índice general de deterioro relacionado con las actividades de mantenimiento para evaluar la condición del pavimento. El rango de evaluación del estado de la superficie está determinado por el índice de daño superficial con el que se clasifica el pavimento. 1-2 son buenas, 3-4 son regulares, 5-6 son malas.

2.2.5 Método del índice de condición del pavimento (PCI)

Constituye el método más completo de evaluación objetiva de los modelos de gestión vial existentes y de la calidad, de los pavimentos flexibles y rígidos. Este método es fácil de implementar y no requiere ninguna herramienta especial más que las que configuran el sistema como se describe a continuación.

El deterioro superficial del pavimento está en función del tipo de daño, su severidad y su cantidad o densidad. La construcción de un índice que tenga en cuenta los tres factores anteriores es problemática debido a la gran cantidad de condiciones posibles. Para superar esta dificultad, se introdujo un "Valor deducido" como un factor de ponderación típico para mostrar el efecto de cada combinación de tipo de falla, severidad y densidad en la condición del pavimento.

Este método califica el nivel de condición del pavimento de 0 a 100, donde 0 es lo peor posible y 100 es su mejor estado.

Tabla 1

Escala de clasificación del PCI.

ESCALA DE CLASIFICACION	RANGO PCI		COLOR
Excelente	100	85	Verde
Muy bueno	85	70	Verde claro
Bueno	70	55	Amarillo
Regular	55	40	Rojo
Malo	40	25	Rojo oscuro
Muy malo	25	10	Marrón
Fallado	10	0	Gris

Nota: Se muestra una descripción cualitativa de los rangos de PCI y las condiciones del pavimento correspondientes. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la condición del pavimento.

El primer paso es el trabajo de campo para evaluar el daño considerando el tipo, severidad y cantidad de daño.

Cabe resaltar que la severidad tiene 3 categorías para poder clasificar la cantidad de daño causado.

- Low (bajo) – L: Puede sentir la vibración del automóvil al balancearse, sin necesidad de reducir la velocidad. El hundimiento y abultamiento ocasionan que el automóvil rebote levemente, pero con poca incomodidad.
- Medium (medio) – M: Se siente mucha vibración dentro del automóvil y se debe reducir la velocidad para su comodidad y seguridad. El hundimiento y abultamiento ocasionan que el vehículo rebote mucho, causando molestias.
- High (alto) – H: Cuando se siente una vibración excesiva, los conductores deben reducir significativamente la velocidad por seguridad y comodidad. El hundimiento y abultamiento ocasionan que el vehículo del usuario rebote en exceso, provocando una gran incomodidad, poniendo en peligro la seguridad y causando graves daños al vehículo.

2.2.6 Fallas en el pavimento - método del PCI

Piel de cocodrilo

Proviene de la falla por fatiga de la capa de rodadura, mediante la acción continua del tránsito vehicular, esta falla consiste en grietas entrelazadas, la cuales se considera un daño importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Imagen 5

Falla piel de cocodrilo.



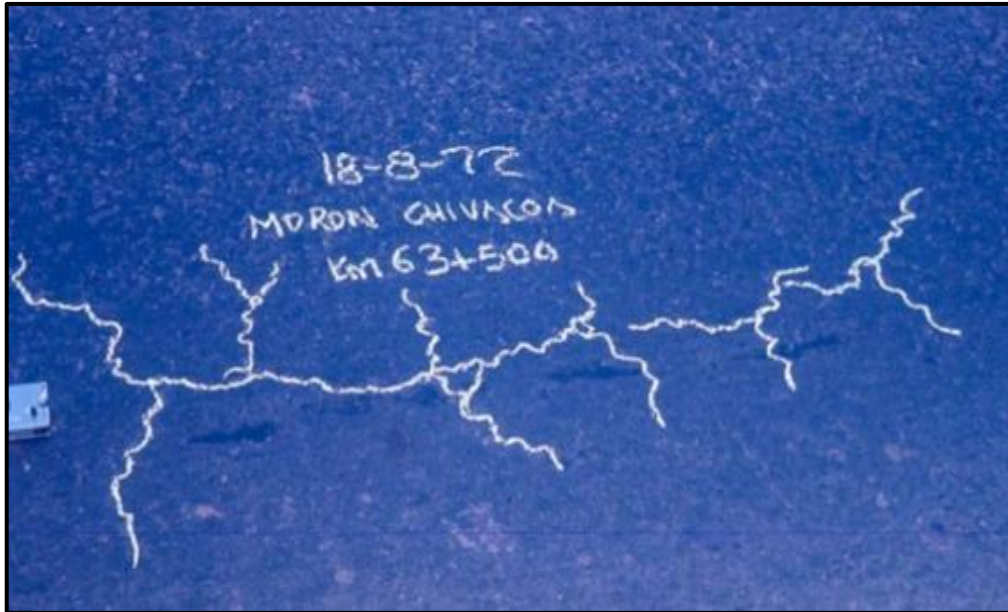
Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Existen niveles de severidad, los cuales son:

Bajo: Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura de material.

Imagen 6

Falla piel de cocodrilo de severidad nivel bajo.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Medio: grietas entrelazadas que forman una malla entre 0.3 hasta 0.5 m y cuentan con un desprendimiento ligero de agregados a lo largo de estas.

Imagen 7

Falla piel de cocodrilo de severidad nivel medio.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Alto: grietas entrelazadas con un patrón bien definidos, que forman una malla mayor de 0.5 m y cuentan con desprendimiento de agregados a lo largo de estas.

Imagen 8

Falla piel de cocodrilo de severidad nivel alto.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Mancha en pavimentos (Exudación)

“La “exudación” es la presencia de una película de material bituminoso en el pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La “mancha” es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire o por deposición de aceites caído de los vehículos, o por concentración de residuos de combustibles no quemados.

El deterioro o falla aparece por manchas negras aisladas. Luego, el exceso de asfalto forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito. El último nivel se caracteriza por la presencia de una cantidad significativa de asfalto libre: la superficie se vuelve viscosa.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: son manchas ligeras, las cuales son visibles por pocos días, y el asfalto no se adhiere al vehículo ni los zapatos.

Imagen 9

Mancha en pavimentos de severidad nivel bajo.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Medio: las manchas han alcanzado un punto, en que el asfalto se adhiere al neumático del vehículo y a los zapatos, durante pocas semanas.

Imagen 10

Mancha en pavimentos de severidad nivel medio.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Alto: las manchas han alcanzado un punto elevado, en que el asfalto se adhiere al neumático del vehículo y a los zapatos, durante varias semanas.

Imagen 11

Mancha en pavimentos de severidad alto.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Grietas de contracción o de bloque

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazo aproximadamente rectangulares, su tamaño puede variar de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m; principalmente se originan por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios; este tipo de falla no está asociada a cargas, lo que indican es que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Posiblemente causada por una mezcla asfáltica muy rígida, un espesor inadecuado del pavimento a nivel o una sub rasante de bajo soporte.

Imagen 12

Falla grietas de contracción o de bloque.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: el ancho máximo de la fisura es de 0.3 cm o son grietas que están selladas y se encuentran en buenas condiciones.

Media: el ancho de las grietas está entre 0.3 y 2.0 cm y no se encuentran selladas.

Alto: el ancho de las grietas es mayor a 2 cm y no se encuentran selladas.

Imagen 13

Falla agrietamiento en bloque de severidad alto.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Hundimientos y Abultamientos

Son pequeños desplazamientos en diferente dirección, es decir, el abultamiento es hacia arriba, mientras que el hundimiento es hacia abajo, y estas se localizan en la parte superficial del pavimento.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad baja y no tiene una opción de reparación.

Medio: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad media y tiene una opción de reparación, en la cual se utiliza un parcheo parcial o profundo, o un reciclado en frío.

Alto: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad alta y tiene una opción de reparación, en la cual se utiliza un parcheo parcial o profundo, una sobre carpeta asfáltica o un reciclado en frío fresado.

Imagen 14

Falla de hundimiento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Corrugaciones (también llamada “sartanejas”)

Es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito; este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables.

Existen niveles de severidad los cuales son:

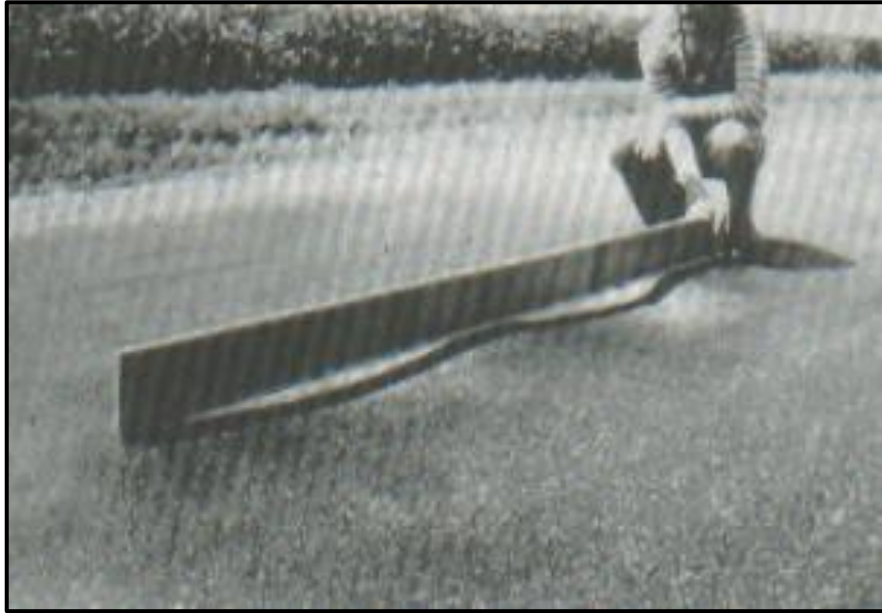
Bajo: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad baja y no tienen una opción de reparación.

Medio: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad media y tiene una opción de reparación, la cual es la reconstrucción.

Alto: se origina cuando la calidad de tráfico es de severidad alta y tiene una opción de reparación, la cual es la reconstrucción.

Imagen 15

Corrugaciones en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Depresión

Es causado por asentamiento brusco de la subrasante o por un proceso de construcción incorrecto y estas se visualizan en la superficie del pavimento, puesto que su nivel es más bajo que en otra parte de este.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: Su nivel de asentamiento está en el rango de 0.013 a 0.025 m y no tiene una opción de reparación.

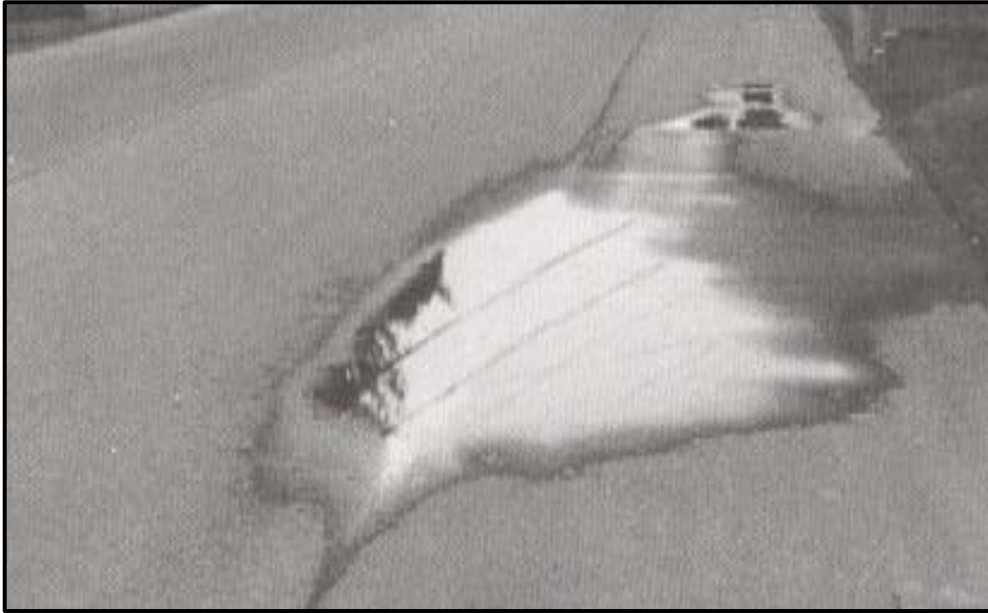
Medio: Su nivel de asentamiento está en el rango de 0.025 a 0.051 m y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo profundo, parcial o superficial.

Alto: Su nivel de asentamiento está en el rango de 0.051 m a más y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo profundo, parcial o superficial.

- Cabe recalcar que el hundimiento es muy diferente a la depresión ya que son caídas bruscas del nivel.

Imagen 16

Depresiones en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Grietas de borde

Son grietas que van a en la misma dirección que eje de la vía y estas se encuentran a una distancia de 30 y 60 centímetros del borde externo del pavimento, y el daño se acelera cuando existe cargas excesivas de tráfico o también debido a las condiciones climáticas a la que es expuesta y también por la construcción de terraplenes con material expansivo

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: son grietas medias o bajas sin desprendimiento o fragmentación, y no tiene opción de reparación.

Medio: son grietas medias que cuentan con desprendimiento o fragmentación mínima, y tiene opción de reparación, la cual es el parcheo profundo o parcial, o sellado de grietas con un ancho mayor de 30 cm.

Alto: cuentan con un desprendimiento o fragmentación considerable a lo largo del borde, y tiene opción de reparación, la cual es el parcheo profundo o parcial.

Imagen 17

Grietas de borde en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Grieta de reflexión de junta

Esta falla solo pertenece al pavimento asfáltico que ha sido colocado sobre una base de concreto de cemento portland y no estas incluidas las grietas de reflexión pertenecientes a otros bases, y esta falla es causada mayormente por la dilatación del concreto o presencia de humedad bajo este, causando desplazamiento de la losa de concreto.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.010 m a menos; también son grietas de diferentes anchos que están rellenas con un material en condiciones satisfactorias, y tiene una opción de reparación, la cual es el sellado de grietas con un ancho de 0.003 a más.

Medio: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.010 a 0.076 m, y algunas están rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos; también son grietas de diferentes anchos que están rellenas y rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos, y tiene una opción de reparación, la cual es el sellado y Parchado parcial de grietas.

Alto: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.076 m a más, también son grietas de diferentes anchos que están rellenas, y están rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos de media o alta severidad, y tiene una opción de reparación, la cual es Parchado parcial de grietas y reconstrucción de juntas.

Imagen 18

Falla de grieta de reflexión de junta.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Desnivel Carril / Berma

Es la variación de niveles entre la berma y el borde del pavimento, es causada por el asentamiento de la berma, erosión de la berma o el exceso de capas en la calzada sin ajustar el nivel de berma.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: su diferencia de nivel esta entre 0.025 a 0.051 m

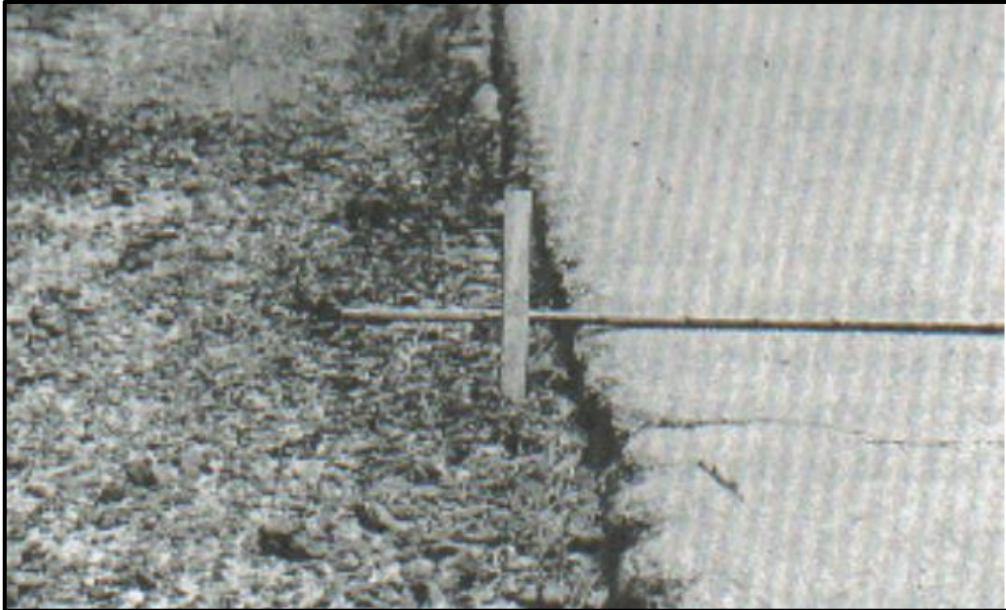
Medio: su diferencia de nivel esta entre 0.051 a 0.102 m

Alto: su diferencia de nivel es mayor a los 0.102 m.

Tiene una opción de reparación de en consiste en la renivelación de la berma para que clase con el nivel del carril.

Imagen 19

Falla desnivel carril / berma.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Grietas longitudinales y transversales

Son grietas tanto paralelas como transversales al eje del pavimento, es causada por la dilatación o variación de la temperatura del asfalto, en estas también están incluidas las grietas de reflexión y su unidad de medida son pies lineales o metros lineales.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.010 m a menos; también son grietas de diferentes anchos que están rellenas con un material en condiciones satisfactorias, y tiene una opción de reparación, la cual es el sellado de grietas con un ancho de 0.003 a más.

Medio: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.010 a 0.076 m, y algunas están rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos; también son grietas de diferentes anchos que están rellenas y rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos, y tiene una opción de reparación, la cual es el sellado y Parchado parcial de grietas.

Alto: son grietas que no tienen relleno y su ancho está en el rango de 0.076 m a más, también son grietas de diferentes anchos que están rellenas, y están rodeadas por mínimos agrietamientos paulatinos de media o alta severidad, y tiene una opción de reparación, la cual es Parchado parcial de grietas y reconstrucción de juntas.

Imagen 20

Grietas longitudinales en el pavimento.



Fuente (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Parcheo

Es el área que ha sido remplazada con nuevo material para así reparar el pavimento que ya existe, este es considerado un defecto que no tiene mucha importancia, ya que todo depende a que tan bien se comporte, es decir, si no se comporta de la misma manera que el pavimento original, pueden surgir rugosidades pertenecientes al daño reparado y su unidad de medida son los metros cuadrados o los pies cuadrados.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: el parchado se encuentra en excelentes condiciones y su calidad de tráfico es de severidad baja y no tiene una opción de reparación.

Medio: el parchado se encuentra en condiciones moderadas y su calidad de tráfico es de severidad media, y no tiene una opción de reparación o solo se hace sustitución del parchado.

Alto: el parchado se encuentra en condiciones muy deterioradas y su calidad de tráfico es de severidad alta, y tiene una opción de reparación, la cual es la sustitución del parchado.

Imagen 21

Parqueo en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Pulimento de agregados

Es el desprendimiento de material de la capa de rodadura, es causado por la constante repetición de las cargas de transitabilidad a la cual es sometido el pavimento (fricción), es decir, cuando los agregados de la capa de rodadura se vuelven suaves al tacto ya que la adherencia con los neumáticos de los vehículos disminuye.

Cabe recalcar que el pulimento debe ser considerable para poder incluirse en la evaluación del pavimento, y tiene una opción de reparación, la cual consiste en un tratamiento superficial, a través de un fresado y sobrecarpeta.

Imagen 22

Falla de pulimento de agregados.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Huecos

Son las depresiones pequeñas en la carpeta asfáltica, por lo regular tienen un diámetro menor a 0.90 metros y en forma de tazón, mayormente es causado cuando la fricción vehicular es muy constante y arranca pequeños pedazos del pavimento, también cuando el pavimento tiene piel de cocodrilo de alta severidad. Netamente los huecos son daños hacia la estructura del pavimento.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: su profundidad esta entre 0.0127 a 0.0254 m y su diámetro varía entre 0.0102 a 0.457 m, también con una profundidad entre 0.0254 a 0.0508 m y su diámetro varía entre 0.0203 a 0.457 m, tiene una opción de reparación, la cual es un parcheo profundo o parcial o no se realiza nada.

Medio: su profundidad esta entre 0.0127 a 0.0254 m y su diámetro varía entre 0.0102 a 0.203 m, también con una profundidad entre 0.0254 a 0.0508 m y su diámetro varía entre 0.0203 a 0.457 m y por último con una profundidad entre 0.0508 m a más y su diámetro varía entre 0.0102 a 0.457 m, tiene una opción de reparación, la cual es un parcheo profundo o parcial.

Alto: su profundidad esta entre 0.0254 a 0.0508 m y su diámetro varía entre 0.0457 a 0.762 m, también con una profundidad entre 0.0508 m a más y su diámetro varía entre 0.0475 a 0.762 m, tiene una opción de reparación, la cual es un parcheo profundo.

Imagen 23

Huecos en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Cruce de vía férrea

Son las variaciones relacionadas con los cruces de vías férreas, fallas como abultamiento o depresión existentes entre los rieles o alrededor de esta, su unidad de medida es metros cuadrados o pies cúbicos.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: se origina cuando el cruce de vía férrea origina una calidad de tráfico de severidad baja y no tienen una opción de reparación.

Medio: se origina cuando el cruce de vía férrea origina una calidad de tráfico de severidad media y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo parcial o superficial o la reconstrucción del cruce.

Alto: se origina cuando el cruce de vía férrea origina una calidad de tráfico de severidad alta y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo parcial o superficial o la reconstrucción del cruce.

Imagen 24

Falla de cruce de vía férrea.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Ahuellamiento

Se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: su profundidad esta entre 0.006 a 0.013 m y tiene una opción de reparación la cual fresado con sobre carpeta o no se realiza nada.

Medio: su profundidad esta entre 0.013 a 0.025 m y tiene una opción de reparación la cual parche profundo, parcial o superficial o se realiza fresado con sobre carpeta.

Alto: su profundidad esta entre 0.025 a más y tiene una opción de reparación la cual parche profundo, parcial o superficial o se realiza fresado con sobre carpeta.

Imagen 25

Falla de ahuellamiento de severidad media.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Desplazamiento

Es una deformación permanente y longitudinal de la carpeta asfáltica producida por las cargas ejercidas por el tráfico, lo que causa ondas abultadas y cortas en la superficie del pavimento.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: se origina cuando el desplazamiento origina una calidad de tráfico de severidad baja y tiene una opción de reparación, la cual es fresado o no se hace nada.

Medio: se origina cuando el desplazamiento origina una calidad de tráfico de severidad media y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo profundo o parcial, o se realiza fresado.

Alto: se origina cuando el desplazamiento origina una calidad de tráfico de severidad alta y tiene una opción de reparación, la cual es el parcheo profundo o parcial, o se realiza fresado.

imagen 26

Falla de desplazamiento en el pavimento.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Grietas parabólicas (Slippage)

Son las grietas que tienen forma de una media luna creciente, normalmente son producidas por las ruedas que giran o frenan, ya que generan la deformación o deslizamiento de la carpeta asfáltica.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: son grietas con un ancho de 0.010 m a menos y tiene una opción de reparación, la cual es realizar un parcheo parcial.

Medio: son grietas con un ancho de 0.010 a 0.038 m y están rodeadas por mínimos desprendimientos y tiene una opción de reparación, la cual es realizar un parcheo parcial.

Alto: son grietas con un ancho de 0.038 m a más y están rodeadas por desprendimientos removibles, y tiene una opción de reparación la cual es realizar un parcheo parcial.

Imagen 27

Falla de grietas parabólicas de severidad alta.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Hinchamiento

Es un desplazamiento de la carpeta asfáltica hacia arriba con una forma gradual y de onda larga, y tienen una distancia mayor de 3.00 metros, lo que causa esta falla son las bajas temperaturas en los soles expansivos o la subrasante.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: es causada cuando el hinchamiento origina una calidad de tráfico de severidad baja y no tiene una opción de reparación.

Medio: es causada cuando el hinchamiento origina una calidad de tráfico de severidad media y tiene una opción de reparación, la cual es una reconstrucción.

Alto: es causada cuando el hinchamiento origina una calidad de tráfico de severidad alta y tiene una opción de reparación, la cual es reconstrucción.

Imagen 28

Falla de hinchamiento de severidad media.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

Desprendimiento de agregados o Meteorización.

Es la pérdida de las partículas de la superficie asfáltica, causada por la pérdida del ligante asfáltico, también lo causa ciertos tipos de vehículos como son los tractores del tipo orugas.

Existen niveles de severidad los cuales son:

Bajo: se inicia la pérdida del ligante o los agregados y tienen una opción de reparación, la cual es un sellado o tratamiento superficial.

Medio: mínima pérdida del ligante o los agregados y tienen una opción de reparación, la cual es un sellado o tratamiento superficial.

Alto: aumenta la pérdida del ligante o los agregados.

Imagen 29

Falla de desprendimiento de agregados.



Fuente: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

2.2.7 Procedimiento de cálculo de la evaluación superficial de la condición del pavimento (PCI)

Unidad de muestreo.

La vía se divide en secciones o "unidades de muestra", cuyo tamaño depende de la capa superficial y el tipo de vía.

- Vías de superficie de asfalto: El área de la unidad de muestreo debe estar en los rangos entre $230,0 \pm 93,0 \text{ m}^2$.

Se podría evaluar todas las unidades de muestra, pero esto podría tener demasiadas unidades, lo que haría que las pruebas llevaran mucho tiempo, exceso de recursos y mano de obra. Por lo tanto, si no se pueden evaluar todas las unidades, recomendamos usar la siguiente ecuación para estimar el número mínimo de unidades de muestra y calcular el PCI con un 95 % de confianza.

Ecuación 1

Cálculo de las unidades mínimas de muestreo.

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

Fuente: (Vásquez, 2002)

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N = Número total de unidades de muestra en la sección (mínimo 5 unidades).

e = Error admisible en el estimado del PCI de la sección (e = 5%).

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Las inspecciones iniciales muestran que el pavimento de asfalto tiene una “ σ ” de 10 (el rango de PCI es 25) y el pavimento de concreto tiene una “ σ ” de 15 (el rango de PCI es 35). Las pruebas posteriores utilizan la desviación estándar real (o rango PCI) de la prueba anterior para determinar el número mínimo de unidades evaluadas.

Cabe resaltar que si el número mínimo de unidades a evaluar es menor a 5 ($n < 5$), todas las unidades deben ser evaluadas.

Selección de unidad de muestreo para inspección.

Las unidades seleccionadas deben estar espaciadas uniformemente a lo largo de la vía, con la primera unidad seleccionada al azar (sistemáticamente) de la siguiente manera:

Ecuación 2

Espaciamiento de las unidades de muestreo.

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

Fuente: (Vásquez, 2002)

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo a usar.

n = Número mínimo de unidades a evaluar.

i = Intervalo de muestreo (se redondea al número entero superior, por ejemplo, 4.7 se redondea a 5)

La primera unidad de muestre se selecciona al azar y debe estar entre el intervalo de muestreo "i" y la unidad de muestreo uno, entonces si $i = 4$, la primera unidad de muestreo a trabajar estaría entre 1 y 4, continuando con el ejemplo la primera unidad de muestre seleccionada seria 3 y el "i" es 4, por ende, las siguientes unidades de muestreo a trabajar seria 7,11,15, etc.

Determinación del PCI de las unidades de muestreo

Al final de la inspección del sitio, la información de daños se usa para calcular PCI. El cálculo se puede hacer manualmente o por computadora y en función de los "valores deducidos" de cada falla en base a la severidad y daño encontrado.

Cálculo para pavimento flexible

Etapa #1 - Valor Deducido.

1. Calcular el total de cada falla según su tipo, severidad y su unidad de medida, colocándolo en la columna TOTAL del formato PCI.
2. Divida el total de cada falla con el total general y se expresa en " %", lo que nos da la DENSIDAD de la falla.
3. Se determina el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de falla en función a las curvas llamadas "valor deducido del daño" que se encuentran en el "Manual-PCI1".

Etapa #2 - Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

1. Si uno del valor deducido es $< "2"$, se usa el valor deducido total encontrado.
2. Ordenar los valores deducidos de mayor a menor
3. Se debe determinar el "Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" (m), con la siguiente ecuación

Ecuación 3

Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_1)$$

Fuente: (Vásquez, 2002)

Donde:

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

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

Etapa #3 - “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

1. Calcular el número de valores deducidos, “ q ”, < a “2”
2. Calcular el valor deducido total, haciendo una suma total de todos los valores deducidos.
3. Calcular el CDV con el valor deducido total y “ q ”, en las curvas de corrección adecuadas para cada tipo.
4. Se reduce a 2 el > de los “valores deducidos” que sea < a “2”, hasta que “ $q=1$ ”.
5. El mayor CDV es el valor máximo a tomar.

Cálculo del PCI de la unidad de muestreo

Para calcular el valor del PCI de la unidad de muestreo se restará el mayor valor deducido corregido de las fallas, como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 4

Valor del PCI por unidad de muestreo.

$$PCI = 100 - (Max VDC O Total VD)$$

Fuente: (Vásquez, 2002)

Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Una sección de pavimento acoge varias unidades de muestreo, por lo cual resulta fundamental obtener un valor de PCI que acoja todas las características de la sección del pavimento, en este contexto se puede señalar que el PCI de la sección del pavimento se calcula obteniendo el promedio del PCI calculado para cada unidad de muestreo, se debe señalar que la siguiente ecuación se aplicara solo en el caso que las muestras hayan sido escogidas usando la técnica aleatoria o si se abarca todas las unidades de muestreo de la sección del pavimento. A si mismo se debe señalar que la ecuación 05 no se debe aplicar en el caso se hayan considerado unidades de muestreo adicionales.

Ecuación 5

Valor del PCI por sección del pavimento.

$$PCI = \frac{\sum_i^n PCI_i}{n}$$

Fuente: (Vásquez, 2002)

2.2.8 Evaluación estructural de pavimentos.

La evaluación estructural del pavimento, tiene como objetivo determinar su capacidad estructural de carga y comportamiento. La disminución de su capacidad estructural genera deterioros los cuales se ven en los niveles excesivos de agrietamiento, deformaciones y hundimientos, los cuales no se recuperan a través de una simple acción de mantenimiento (Thenoux & Gaete, 2011)

- Existen varias razones por las cuales se pierde la capacidad estructural del pavimento, a continuación, mencionaremos algunas de ellas:
- Pavimento cercano a cumplir su periodo de diseño determinado.
- Espesor de diseño insuficiente para el tráfico de demanda.
- Estimación y uso de parámetros no representativos tales como: subrasante, factores de drenaje, cargas de tráfico, etc.
- Controles de calidad durante la construcción. A pesar de existir buenos diseños de la estructura del pavimento es necesario seguir un estricto control de calidad durante su construcción, para así garantizar su vida útil.

- Mantenimiento vial. Aún bien diseñado y construido es necesario establecer periodos adecuados para plantear un mantenimiento vial.

Existen diversos tipos para realizar la evaluación estructural de un pavimento, tradicionalmente se ha recurrido a la realización de calicatas, como alternativa de determinar las características de la estructura del pavimento, a este tipo de procedimientos se les conoce como “ensayos destructivos”.

En la actualidad han surgido alternativas de evaluación estructural del pavimento conocidas como “ensayos no destructivos” los cuales se basan en la interpretación de la deformación en la superficie del pavimento.

A continuación, se mencionará las características de cada método estructural de evaluación de pavimentos:

Métodos no destructivos

Los métodos no destructivos son llamados así ya que permiten evaluar la capacidad estructural del pavimento sin necesidad de intervenir o dañar este en ningún punto.

De acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) la evaluación estructural por deflectometría o métodos no destructivos nos determinara las deformaciones verticales de la superficie del pavimento, a consecuencia de la acción del tráfico. Las deflexiones determinadas de la evaluación establecerán si la estructura del pavimento es adecuada y solo requiere de un mantenimiento superficial o se requiere un refuerzo estructural o en el caso deficiente una rehabilitación o reconstrucción.

Es necesario señalar que la evaluación estructural a través de métodos no destructivos emplea el uso de equipos y dispositivos que miden las deformaciones del pavimento, cuando sobre ellos se produce una deformación en el rango elástico. Los equipos a utilizarse para realizar estas mediciones son:

Viga Benkelman: Es el dispositivo con mayor antigüedad desarrollado, el cual permite medir las deflexiones del pavimento, este dispositivo se utiliza como parámetro de apoyo para varias metodologías de evaluación estructural.

Deflectometro: Consiste en medir las deflexiones de manera continua en el pavimento permitiendo así obtener una mayor cantidad de kilómetros de evaluación al día.

Dynaflect: El principio de operación de este dispositivo se realiza a través de fuerzas vibratorias aplicadas al pavimento. La característica de este método es que puede registrar además de deflexión máxima, deflexiones en puntos alejados, permitiendo así estimar las características estructurales de cada una de las capas del pavimento.

Falling Weight Deflectometer: Este dispositivo opera bajo la sollicitación que se produce mediante el impacto producido por la caída libre de un peso a un mecanismo de amortiguadores en el pavimento, estas vibraciones son captadas por intermedio de sensores sísmicos, que generan un cuenco de deflexiones, los cuales permiten obtener parámetros de evaluación estructural.

Métodos destructivos

Los métodos destructivos son llamados así ya que su ejecución requiere alterar la estructura de su pavimento, para así tener sus características técnicas. Entre los ensayos destructivos utilizados para evaluar la capacidad estructural del pavimento, existen:

Excavación de calicatas: Este tradicional procedimiento consiste en recolectar información de diseño y determinar las distintas propiedades de los materiales que conforman la estructura del pavimento, para su diseño o evaluación. Entre las características a considerar se encuentran: espesores de pavimento, clasificación de suelos, CBR de las capas granulares, densidades y contenido de humedad. Es necesario señalar que se debe realizar una inspección visual como complemento para detectar posibles fallas en la capa superficial.

Extracción de testigos: Este procedimiento consiste en extraer testigos obteniéndose probetas cilíndricas de las capas superficiales del pavimento. En términos generales es necesario señalar que este método solo es aplicable a las capas superficiales del pavimento rígido y flexible.

Placa de carga: Este ensayo sirve para evaluar la capacidad de carga de la subrasante, base y en algunos casos el pavimento completo utilizando placas de diámetros de grandes dimensiones. Para realizar este método en pavimentos existentes, se debe efectuar calicatas de gran superficie, lo cual resulta inadecuado y costoso, por lo cual este ensayo va quedando en desuso.

Penetró metro dinámico de cono: El DCP (Penetró metro Dinámico de Cono) es un dispositivo que mediante una auscultación in – situ de las capas del suelo subrasante y bases granulares permiten determinar características del suelo. El principio de este método se basa en la acción de una carga dinámica que cae a una altura determinada, lo cual produce la penetración de una sonda en forma de cono.

2.2.9 Evaluación estructural mediante excavación de calicatas.

Las investigaciones de suelos son sumamente importantes para caracterizar a los suelos, en este contexto resulta fundamental obtener muestras representativas que nos permitan obtener buenos resultados y con los fines propuestos.

Las calicatas, son excavaciones que facilitan la investigación geotécnica al examinar directamente el terreno en el área de estudio, estas son de poca o mediana profundidad, su máxima profundidad es de 3.00 a 4.00 m y se ejecutan con la ayuda de máquinas. Se recomienda que el área mínima sea de 0,80 x 1,00 m para una inspección precisa de los estratos de suelos, al pasar a otra capa se deben dejar escalones de 30 a 40 cm, lo que permitirá mejor manejo de los ensayos y proporcionara seguridad a los investigadores.

Basándonos en la norma técnica C.E. 010 pavimentos urbanos y el manual de carreteras “sección suelos y pavimentos” cuyo objetivo es establecer parámetros mínimos para el diseño, mantenimiento y rehabilitación de pavimentos urbanos y carreteros durante su vida útil y donde a su vez se señala la importancia de realizar estudios de mecánica de suelos con la finalidad de determinar las características físico – mecánicas del pavimento.

A si mismo las normas de diseño de pavimentos establecen ensayos a realizar para diseñar y evaluar una estructura de pavimento, como se muestra a continuación:

Tabla 2

Identificación de ensayos de laboratorio.

DESCRIPCIÓN	NORMA
Análisis granulométrico por tamizado	NTP.339.128 (MTC E107)
Limite líquido	NTP.339.129 (MTC E 110)
Limite plástico	NTP.339.129 (MTC E 111)
Clasificación de suelos por SUCS	NTP.339.134 (ASTM D-2487)
Clasificación de suelos por AASTHO	NTP.339.135 (M-145)
Relación de soporte de California (CBR)	NTP.339.145 (MTC E-132)

Fuente: Elaboración propia

Es necesario precisar que los ensayos de la tabla 02, se realizan a partir de las muestras sustraídas de las excavaciones de calicatas cuyas normas técnicas del del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC E101) y la C.E 010 pavimentos urbanos indican que la profundidad mínima de exploración deberá ser 1.50 m por debajo de la cota final de la vía, permitiendo así caracterizar y establecer las condiciones técnicas del pavimento nuevo o existente.

Ensayos de laboratorio

Análisis granulométrico (NTP 339.128 – MTC E107)

Es la cuantificación de la distribución granulométrica del suelo, ya que se utiliza un método para determinar el porcentaje de suelo que pasa a través de una selección de diferentes tamices utilizados en las pruebas, hasta N°200 (74 mm). Para este ensayo se utilizan, 2 balanzas, la primera con sensibilidad de 0.01 gramo, para poder pesar los materiales que pasen por el tamiz N°4 (4.670 mm) y la segunda con sensibilidad del 0.1%, para poder pesar los materiales retenidos en el tamiz N°4 (4.670 mm) (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016).

Tabla 3*Tamiz de malla cuadrada para granulometría.*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

En función a lo anteriormente mencionadas, se indica la distribución granulométrica del árido tamizado. Ya que el propósito al analizar el tamaño de las partículas del suelo, se determinan las proporciones de sus diversas partículas y clasificarlos según su tamaño.

Dependiendo del tamaño de las partículas del suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 4*Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE LAS PARTICULAS
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Media: 2.00 mm – 0.425mm
		Fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Limites (NTP 339.129 – MTC E 110, E 111)

Los límites de Atterberg determinan la sensibilidad del comportamiento del suelo al agua (humedad), la cual define los límites correspondientes a tres estados de homogeneidad dependiendo de su contenido de humedad y, en consecuencia, el suelo puede presentarse en forma líquida, plástica o sólida.

Los límites de Atterberg para medir la cohesión del suelo son tres:

Limite líquido (LL)

Es el porcentaje de humedad que tiene el suelo en el límite entre los estados líquido y plástico. Por lo general, se define como la humedad a la que el surco que separa las dos mitades de la mezcla de suelo se cierra a lo largo de su parte inferior a una distancia de 1/2 pulgada (13 mm) cuando la copa se deja caer 25 veces desde una altura de 1 cm. A razón de dos caídas por segundo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

Es decir, cuando el suelo es maleable, ya que pasa a un estado plástico de un estado semilíquido.

Límite plástico (LP)

Es el porcentaje de humedad más baja con la que se forma barritas de suelo de aproximadamente 1/8" (3,2 mm) de diámetro, manualmente rodando dicha barrita entre una superficie de vidrio esmerilada (lisa) y la palma de la mano, sin que esta se rompa.

Es decir, cuando el suelo se desmorone, ya que pasa a un estado semisólido de un estado plástico.

Límite de Contracción (retracción)

Se supone normalmente que el término límite de contracción, expresado como un porcentaje del contenido de agua, representa la cantidad de agua necesaria para llenar los vacíos de un suelo cohesivo dado, cuando se halle en su relación de vacíos más baja, obtenido ese valor por secamiento (generalmente en el horno). Así, el concepto del límite de contracción puede emplearse para evaluar el potencial de contracción o sea la posibilidad de que se desarrollen grietas en obras que

incluyen suelos cohesivos o ambos. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)

Es decir, cuando el suelo ya no se contare al pedir su humedad, ya que pasa a un estado sólido de un estado semisólido.

Además de estos límites también se puede obtener es el Índice de plasticidad IP que se obtiene de la diferencia entre LL y LP.

El índice de plasticidad muestra el valor del rango de humedad en el que el suelo tiene una consistencia plástica y permite clasificar el suelo bastante bien. IP alto corresponde a suelo muy arcilloso; en contraste, los suelos pobres en arcilla se caracterizan por una IP bajo, por ello, el suelo según su índice de plasticidad se clasifica:

Tabla 5

Caracterización del suelo según su índice de plasticidad.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20, IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Cabe señalar que el contenido de arcilla del suelo en gran tamaño puede ser un elemento peligroso en la capa de suelo subrasante y en la estructura del pavimento, principalmente debido a su alta susceptibilidad al agua.

Clasificación de suelos (NTP.339.134 – 339.135, M-145)

Una vez que los suelos hayan sido ensayos en laboratorio mediante ensayos de análisis granulométricos por tamizados y límites de Atterberg será posible lograr su clasificación.

La clasificación de los suelos se realizará de acuerdo con el sistema que se indica en la siguiente tabla. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado del suelo, lo que ayudará a delimitar áreas homogéneas desde el punto de vista geotécnico.

Tabla 6

Correlación de los tipos de suelos por el método AASHTO – SUCS.

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS AASHTO M-145	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

En complementación con el cuadro anterior se muestra la clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282, en la figura siguiente:

Tabla 7

Clasificación de los suelos basada en los métodos AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ^(a)	mín. 11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	Exelente a bueno						Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18:182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc
 IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40))] +0.01 (F-15) (IP-10).

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Relación de soporte de california (CBR)

Describe el procedimiento de prueba para determinar el índice de resistencia del suelo, conocido como el valor del coeficiente de soporte, comúnmente conocido como California Bearing Ratio (CBR). La prueba generalmente se lleva a cabo en suelo preparado en el laboratorio bajo condiciones específicas de humedad y densidad; pero también puede funcionar de manera similar para muestras intactas tomadas del suelo.

Después de clasificar los suelos en función del sistema AASHTO y SUCS para pavimentos, se preparará un perfil estratigráfico para cada área de homogeneización o estudio, a partir del cual se determinará un programa de prueba que se utilizará para determinar el CBR. El valor de soporte o resistencia del terreno, estará relacionado con el 95% de la Densidad Seca Máxima (MDS) a una penetración de 2,54 mm.

Para el cálculo del California Bearing Ratio (CBR) de la subrasante, se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. En las áreas con 6 o más valores de CBR tomados de un tipo de suelo representativo o de un área con características de suelo uniforme, el valor de CBR de diseño calculado se determinará promediando los valores obtenidos.
2. En áreas con valores de CBR inferiores a 6, realizadas sobre un tipo de suelo representativo o en áreas con propiedades de suelo uniformes, el valor de CBR de diseño del suelo de fundación se determinará en base a los siguientes criterios:
 - Si los valores son semejantes, tome la media.
 - Si los valores no son semejantes se debe utilizar el valor más crítico es decir el menor valor.

Los valores de CBR semejantes están dentro de un rango de tipos de suelo como se muestra en la tabla a continuación.

3. Una vez determinado el valor de CBR de diseño para cada área con características uniformes, se clasificará el tipo de suelo al que pertenece el área o subzona de acuerdo con las siguientes tablas:

Tabla 8

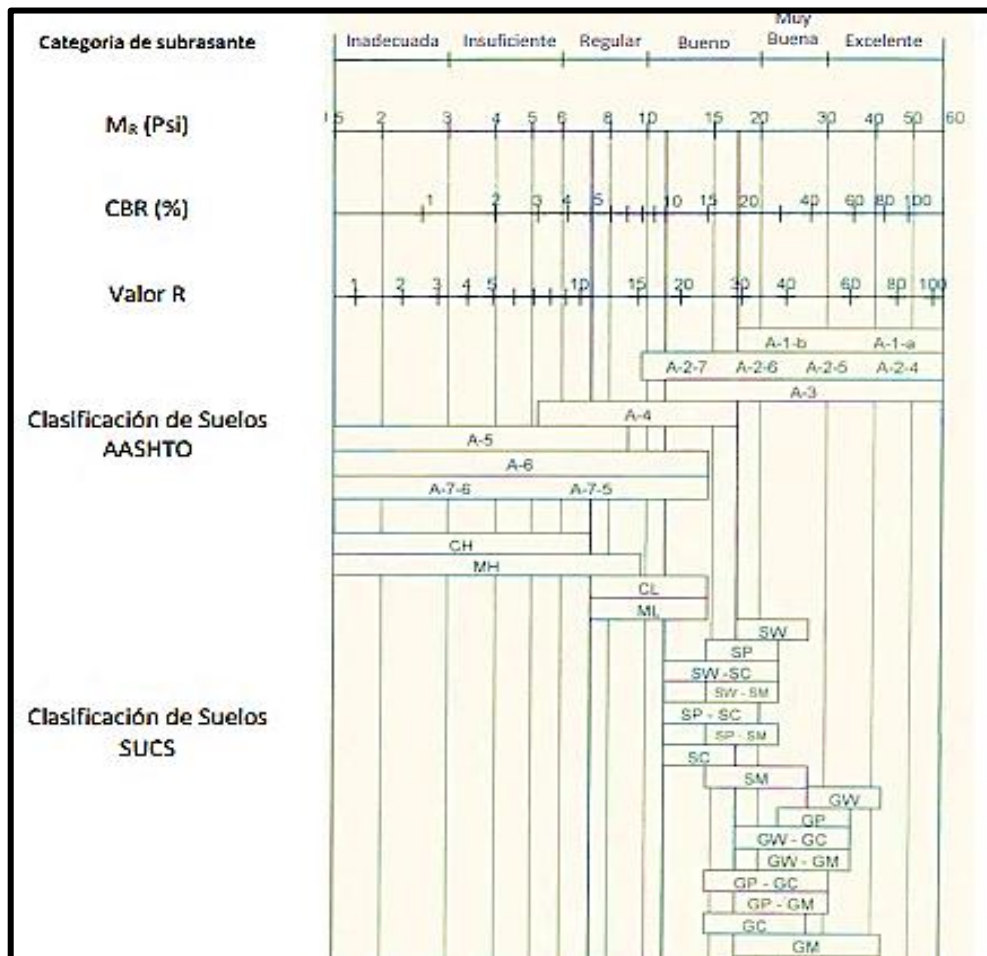
Categorías de Sub rasante.

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S0 : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1 : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2 : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3 : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5 : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Imagen 30

Correlación entre la clasificación del suelo, el CBR y el módulo resiliente.



Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

2.2.10 Diseño pavimentos flexibles

Estudio de tráfico

El estudio de tráfico es un aspecto esencial y básico para el diseño de pavimentos el cual proporciona información del índice medio diario anual (IMDA), este se deberá de tener por cada tramo de estudio. La información requerida para el estudio de tráfico se compone con muestreos orientados a obtener el IMDA del tramo, comenzando por la demanda de vehículos por tipo en cada uno de los sentidos del tráfico (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Demanda proyectada

La demanda proyectada es aquella que permitirá obtener información que servirá como base para el periodo de análisis, en este contexto establecerá el número de ejes equivalentes (EE) que permitirán el diseño de pavimento. Además, se deberá tener en cuenta si el crecimiento de la demanda podría sufrir modificaciones por factores socio – económicos, lo cual podría modificar la estructura del diseño del pavimento (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Factor direccional y factor carril

El factor de distribución direccional es aquel que corresponde a la cantidad de vehículos pesados que transitan en una dirección o sentido del tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total del tránsito que circula en ambas direcciones de la calzada, pero en algunas ocasiones puede ser mayor en una dirección que en otra, este indicador será definido por el conteo de tráfico.

El factor de distribución carril corresponde al carril que recibe la mayor cantidad de ejes equivalentes (EE) lo cual es ocasionado por la gran cantidad de flujo vehicular que circula y se canaliza en dicha dirección (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Tabla 9*Factor direccional y factor carril.*

NÚMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DE DIRECCIÓN (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	FD X FC PARA CARRIL DE DISEÑO
01 calzada (IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
02 calzadas con un separador central (IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Nota: En la imagen se muestra los indicadores que permitirán obtener el factor direccional y carril. Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Tasa de crecimiento y proyección

La tasa de crecimiento de tránsito es un indicador que se define en relación con la dinámica de crecimiento socio – económico. Normalmente se calcula utilizando una fórmula de progresión geométrica del tránsito de vehículos de pasajeros y tránsito de vehículos de carga.

Normalmente se correlaciona la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos con la tasa anual de crecimiento de la población y la tasa de crecimiento de vehículos de carga pesada con la tasa anual de crecimiento de la economía nacional, lo cual indica que la tasa de crecimiento del tráfico varía en el rango del 2% y 6%.

Ecuación 6

Cálculo de tránsito proyectado.

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

T_n= Es aquel tránsito proyectado al año “n”, su unidad es el veh/día.

T_o= Es aquel tránsito actual (año base o), su unidad es el veh/día.

n= Cantidad de años del periodo de diseño.

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito

La siguiente tabla proporciona los criterios necesarios para obtener el factor de crecimiento acumulado (Fca) para un periodo de diseño determinado, teniendo en cuenta la tasa anual de crecimiento (r), con estos valores se podrá calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).

Tabla 10

Tasa de crecimiento.

PERIODO DE ANÁLISIS (AÑOS)	FACTOR SIN CRECIMIENTO	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (R)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.1
3	3	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5	5.2	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6	6.31	6.47	6.63	6.8	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7	7.43	7.66	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8	8.58	8.89	9.21	9.55	9.9	10.26	10.64	11.44
9	9	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94

Nota: El cuadro muestra los factores de tasa de crecimiento acumulado. Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE)

El efecto del flujo del tránsito se mide en la unidad definida por la metodología AASHTO, como ejes equivalentes (EE) acumulados durante el tiempo de diseño tomado en el análisis. Esta metodología definió como EE, al efecto de daño ocasionado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargadas con 8.2 toneladas de peso, con neumáticos a presión de 80 lb/plg². Estos ejes equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representa el poder destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje de cada vehículo pesado, sobre la estructura de pavimento.

Tabla 11

Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).

CONJUNTO DE EJES	NOMENCLATURA	NÚMERO DE NEUMÁTICOS	EJES EQUIVALENTES
Eje simple Con rueda simple	1 RS	2	$EE_{S1} = \left[\frac{P}{6.6} \right]^{4.0}$
Eje simple Con rueda doble	1 RD	4	$EE_{S2} = \left[\frac{P}{8.2} \right]^{4.0}$
Eje tándem 1 eje de rueda simple más 1 eje de ruedas doble	1 RS + 1 RD	6	$EE_{TA1} = \left[\frac{P}{14.8} \right]^{4.0}$
Eje tándem 2 ejes de rueda doble	2 RD	8	$EE_{TA2} = \left[\frac{P}{15.1} \right]^{4.0}$
Eje trídem 1 rueda simple más 2 ejes de rueda doble	1 RS + 2 RD	10	$EE_{TR1} = \left[\frac{P}{20.7} \right]^{3.9}$
Eje trídem 3 ejes rueda doble	3 RD	12	$EE_{TR2} = \left[\frac{P}{21.8} \right]^{3.9}$

Nota: Configuración y cálculo de ejes equivalentes por la relación de carga de ejes vehiculares de pavimentos flexibles. Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Factor vehículo pesado (Fvp)

Se determina a partir de la carga vehicular proveniente de los censos vehiculares, el cálculo de este valor se obtiene a partir de la suma de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo entre el número total del tipo de vehículos seleccionados para el análisis.

Tabla 12

Factor de vehículos pesados.

RANGO DE CARGAS POR EJE (TONELADAS)	CANTIDAD DE EJES PESADOS EN BALANZA PARA 165 VEHÍCULOS PESADOS	FACTOR DE EQUIVALENCIA POR EJE (EE POR EJE)	EE (EJES EQUIVALENTES)
Eje Simple			
< 1.4	0	0.0002	0
1.4 - 3.2	1	0.005	0.01
3.2 - 3.6	6	0.032	0.19
3.6 - 5.4	144	0.087	12.53
5.4 - 7.3	16	0.36	5.76
7.3 - 13.6	1	5.389	5.39
Eje Tándem			
< 2.7	0	0.01	0
2.7 - 5.4	14	0.01	0.14
5.4 - 8.2	21	0.044	0.92
8.2 - 10.9	44	0.148	6.51
10.9 - 11.8	42	0.426	17.89
13.6 - 14.5	44	0.753	33.13
14.5 - 14.8	21	0.885	18.59
14.8 - 15.4	101	1.002	101.2
		Sumatoria EE	255.15

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Factor de presión de neumático (FP)

Para calcular el FP, se utilizan los valores de la siguiente tabla, los cuales se pueden interpolar sus valores intermedios:

Tabla 13*Factor de ajuste por presión de neumático (F_P).*

ESPESO DE CAPA DE RODADURA (MM)	PRESIÓN DE CONTACTO DEL NEUMÁTICO (PCN) EN PSC PCN = 0.90X[PRESIÓN DE INFLADO DEL NEUMÁTICO] (PSI)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1	1.3	1.8	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1	1.3	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.2
90	1	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1	1.19	1.38	1.59	1.8	2.02	2.25
130	1	1.17	1.34	1.52	1.7	1.89	2.09
140	1	1.15	1.3	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño (ESAL)

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn, en un periodo de diseño determinado, se utilizará la siguiente ecuación matemática por cada tipo de vehículo, la suma de estos diferentes tipos de vehículos será el resultado final, expresado:

Ecuación 7*Cálculo del ESAL de diseño.*

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ TN}} = \sum (\text{EE}_{\text{día carril}} \times \text{Fca} \times 365)$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Donde:

N_{rep} de EE 8.2 tn = Es el número total de repeticiones de ejes equivalentes generado por la carga de eje patrón de 8.2 tn.

$EE_{día-carril}$ = Son los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo por día para el carril de diseño, el cual resulta de la siguiente ecuación:

$EE_{día-carril}$ = $IMD_{pa} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$, donde el IMD_{pa} corresponde al índice medio diario por tipo de vehículo, F_d es el factor direccional, el F_c es el factor carril, F_{vpi} es el factor vehículo pesado y F_{pi} es el factor de ajuste por presión de neumático.

F_{ca} = Es el factor de crecimiento acumulado en un periodo de diseño.

365 = Cantidad de tiempo en un año expresado en días.

Metodología AASTHO 93

El método ASHHTO 93, es un procedimiento desarrollado en función del performance del pavimento, las cargas de tráfico que ejercen los vehículos y la resistencia del terreno de fundición o subrasante, en función a estos valores se determina los espesores de diseño del paquete estructural del pavimento. El propósito de este método es obtener el número estructural requerido (SN_r), en base el cual se identifican y determinan los espesores de las capas del pavimento, las cuales se construirán sobre la subrasante para soportar las sollicitaciones de cargas vehiculares con una aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño determinado por el proyecto.

A continuación, se mencionará los indicadores que permitirán diseñar un pavimento flexible de acuerdo a la metodología ASSTHO 93:

Número de ejes equivalentes de diseño (ESAL o W_{18})

Es el número de ejes equivalentes acumulados a 80 KN o 8200 kg en un periodo estimado de diseño, proveniente del estudio de tráfico y se obtiene a partir del cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (N_{rep} de EE de 8.2 tn).

Módulo de resiliencia de la subrasante (M_r)

Módulo de residencia es aquella medida de resistencia del suelo de fundación, su cálculo es través del ensayo de resiliente detallado en el método AASHTO.

En el siguiente cuadro se muestra una relación de valores entre el CBR y el MR, y también se tiene una ecuación para poder calcular el MR en base al CBR obtenido:

Ecuación 8

Cálculo del módulo de resiliencia.

$$\text{MR(PSI)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Tabla 14

Módulo resiliente a partir de los valores de CBR de la subrasante.

CBR% SUBRASANTE	MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MR) EN (PSI)	MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MR) EN (MPA)
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.2
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.9
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
19	16,819.00	115.96
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.2
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152
30	22,529.00	155.33

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Nivel de confiabilidad de diseño (%R)

El criterio de confiabilidad, que es incorporado por el método AASHTO, representa la probabilidad del comportamiento de una determinada estructura según su periodo de diseño. Esta probabilidad está influenciada por la variabilidad de los factores que actúan sobre la estructura del pavimento, el cual representa la probabilidad que tiene el paquete estructural del pavimento, durante el periodo de diseño, también se resalta, que este comportamiento no está relacionado con un mecanismo de falla sino con la serviciabilidad, en efecto a más nivel de confiabilidad, aumenta el espesor de las capas de la estructura del pavimento. En la siguiente tabla se muestran los rangos de los valores recomendados de confiabilidad:

Tabla 15

Valores de confiabilidad en base del tipo de tráfico y periodo de diseño.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15	>30'000,000		95%

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Cálculo del valor del coeficiente de desviación estándar normal (Zr)

La Desviación Estándar Normal (ZR), es el coeficiente estadístico usado para un determinado grupo de datos que represente el valor de confiabilidad seleccionada en una distribución normal

Tabla 16

Valor del coeficiente de desviación estándar normal (ZR) en base del tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TP13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TP14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TP15	>30'000,000		-1.645

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Determinación de la desviación estándar combinada (So)

Desviación Estándar Combinada (So), es el valor que toma en la variabilidad esperada de lo pronosticado del tráfico y de los diferentes factores que intervienen en el comportamiento del pavimento, los valores recomendados para el So según la guía AASHTO para el pavimento flexible está en un rango de 0.40 y 0.50, pero se recomienda un valor de 0.45 para pavimentos flexibles.

Valor del índice de serviciabilidad (PSI)

El índice de Serviciabilidad, está en un rango que varía de 0 a 5 y representa la comodidad de transitabilidad ofrecida al usuario. Donde 5 es el mejor valor de comodidad teórica y es muy difícil de alcanzar, por lo contrario 0 es el peor valor. También se debe aclarar que cuando la vía se encuentra en mal estado su condición decrece y el índice de severidad del pavimento (PSI) también decrece.

Serviciabilidad inicial (Pi), es la condición en la que se encuentra el pavimento de una vía que recientemente se construido o ha sido rehabilitada.

Serviciabilidad final o terminal (PT), es la condición en la que se encuentra la superficie del pavimento de una vía que ha cumplido con su vida útil y requiere de algún tipo de rehabilitación, mejoramiento o reconstrucción

Tabla 17

Cálculo de Serviciabilidad de diseño.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	3.8	2
	TP1	150,001	300,000	3.8	2
	TP2	300,001	500,000	3.8	2
	TP3	500,001	750,000	3.8	2
	TP4	750 001	1,000,000	3.8	2
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4	2.5
	TP6	1,500,001	3,000,000	4	2.5
	TP7	3,000,001	5,000,000	4	2.5
	TP8	5,000,001	7,500,000	4	2.5
	TP9	7,500,001	10'000,000	4	2.5
	TP10	10'000,001	12'500,000	4	2.5
	TP11	12'500,001	15'000,000	4	2.5
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.2	3
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.2	3
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.2	3
	TP15		>30'000,000	4.2	3

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Determinación del número estructural requerido de diseño (SNr)

Con la descripción de los parámetros detallados anteriormente y la siguiente ecuación se determina el número estructural requerido para el diseño estructural del pavimento flexible.

Ecuación 9

Cálculo del número estructural requerido.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.1V}}} + 2.32 \log(M_R) + 0.87$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Donde:

W18: Es el número de ejes equivalentes de diseño (ESAL O W18).

ZR: Es el coeficiente de desviación estándar normal.

S0: Es la desviación estándar combinada por tipo de pavimento.

ΔPSI : Es la diferencia de Serviciabilidad inicial (Pi) y final (Pt)

MR: Es el módulo de resiliencia de la subrasante.

SN: Es el número estructural de diseño.

Determinación del número estructural propuesto (SNP)

El número estructural está en base a los datos obtenidos y procesados, los cuales son aplicados en la ecuación de diseño AASHTO, el cual representa el espesor total de la capa de rodadura, base y subbase a colocar, a través del uso de los coeficientes estructurales que caracterizan la resistencia relativa de los materiales, los cuales se aplican en la siguiente ecuación:

Ecuación 10

Cálculo del número estructural propuesto.

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Donde:

a1, a2, a3: son coeficientes estructurales que representan la resistencia relativa de los materiales de las capas: asfáltica, base y subbase.

d1, d2, d3: son los espesores de las capas: asfáltica, base y subbase.

m2, m3: son los coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase,

En el manual de carreteras de suelos y pavimentos se detalla que la ecuación SN, no tiene una única solución, ya que por la diferente combinación de los espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. Para ello se debe realizar un análisis detallado para así poder decidir los mejores valores en relación al tránsito que debe soportar la vía.

Determinación del coeficiente de drenaje (mi)

El coeficiente de drenaje se establece en base a dos variables las cuales son, la cantidad de drenaje y la exposición a la saturación, el cual es el porcentaje del tiempo aproximado de un pavimento que está expuesto a la humedad durante el año y se obtiene a través de las características del material de base y subbase.

Tabla 18

Calidad de drenaje de la subbase y base.

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Nunca

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Tabla 19

Valores para el cálculo del coeficiente de drenaje para bases y subbases granulares.

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.8
Insuficiente	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
Muy Insuficiente	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.4

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

En el manual de pavimentos se detalla que el coeficiente de drenaje para la base y subbase, sea 1.00 para una buena definición de las secciones estructurales.

2.2.11 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles.

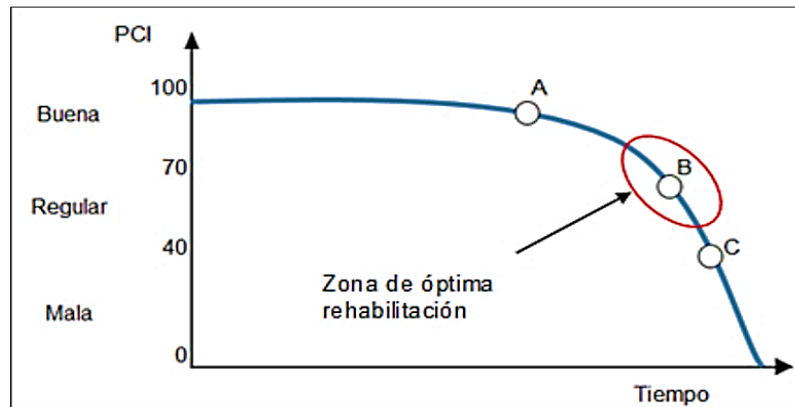
Se tiene como objetivo regularizar los aspectos técnicos correspondientes al manteamiento del pavimento, con el fin de conservación de la infraestructura vial urbana, de manera que se mantenga el orden, el tráfico y la circulación uniforme.

Cabe resalta que a través del tiempo la estructura del pavimento sufre deterioro a pesar de que estos han sido diseñadas adecuadamente y con todas las especificaciones técnicas, por ello el deterioro del pavimento está basado en la relación de varios parámetros, que controlan el rango de deterioro, los cuales son: el volumen del tráfico, la estructura del pavimento, el manteniendo y los tipos de cargas.

Existe una relación entre el tiempo y el deterioro, en el cual se pueden observar 3 puntos de mucha importancia, los cuales se clasifican en A, B, C y cada una de estas representa la severidad en la que se encuentra el pavimento.

Imagen 31

Curva de deterioro de un pavimento.



Nota: Se muestra la curva de deterioro de un pavimento, zona óptima de rehabilitación. Fuente: (Jugo, 2005)

A: Su PCI se encuentra en un rango de calidad de 70 ± 4 , es decir, que el pavimento tiene una severidad mínima o comienza a mostrar síntomas de deterioro, a lo que se le recomienda un manteniendo rutinario básico, en el que se considera acciones como: sellado de grietas y parcheo menores.

B: Su PCI se encuentra en un rango de calidad de 55 ± 7 , es decir, su pavimento tiene una severidad media, a lo que se le recomienda un mantenimiento periódico o una rehabilitación óptima, ya que la inversión sería mínima y genera mejores beneficios porque el pavimento conserva su buena calidad de rodadura y su resistencia original.

C: Su PCI se encuentra en un rango de calidad de 40 ± 6 , es decir su pavimento tiene una severidad alta, a lo que se le recomienda realizar un reconstrucción, mantenimientos mayores o rehabilitaciones.

Existen razones por las cuales el pavimento tiene que ser mejorado y algunas de estas son:

Cuando está por cumplir su vida útil.

No cumplir con los mantenimientos correspondientes a la vía.

Tener un diseño proyectado decadente.

El mal uso del pavimento, al ser sometidas a exceso de cargas.

Categorías de mantenimiento

Los trabajos de conservación vial, son actividades determinadas que se necesitan realizar para mantener, recuperar, reparar o realizar mejoras específicas en determinados sectores de la carretera.

La conservación vial tiene un personal encargado de programar, planificar, evaluar, ejecutar, controlar y especificar el trabajo a realizar, ya que se debe dar de conocimiento cada actividad a ejecutar y su propósito:

1. Organizar las cantidades y tipos de trabajo que se van a ejecutar durante el año.
2. Sistematizar los trabajos quincenalmente, en base a la programación anual a ejecutar.
3. Presentar informes de los trabajos ejecutados de tal manera que permitan evaluar con respecto a las especificaciones técnicas y la programación anual de Conservación vial.

Todas estas actividades están agrupadas y clasificadas en dos rubros principales:

Mantenimiento rutinario o conservación rutinaria

La conservación rutinaria es el conjunto de actividades que se ejecutan dentro de presupuesto anual, está constituida por todas las actividades necesarias para prevenir el desarrollo de deterioros en todos los componentes de la infraestructura vial como son: pistas, puentes y túneles, señales y dispositivos de seguridad, obras de drenaje, contención de taludes, limpieza de la carretera, también del derecho de vía, etc. La conservación rutinaria trata en todos esos componentes, de evitar y llegado el caso, corregir cualquier deterioro que origine incomodidad o disturbe la circulación del tránsito originando riesgos de accidentes y mayores deterioros en la infraestructura vial (Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018).

Sellado de fisuras: es la acción que impide el acceso de agua y materiales no pertenecientes a la estructura del pavimento, este consiste en limpiar la grieta para después proceder a su sellado con productos asfálticos, mezcla asfáltica o lechada asfáltica.

Parchado superficial de calzada: Es la acción de reparar un bache o hueco de mínima profundidad, sustituyendo la carpeta asfáltica en deterioro, para realizar esta acción es necesario que la sub base y la base se encuentren en buen estado.

Parchado profundo de calzada: Es la sustitución de un área determinada del pavimento que se encuentre en mal estado, ya que con esta acción se restablece las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, dándoles una transitabilidad vehicular adecuada.

Mantenimiento periódico o conservación periódica.

La conservación periódica es de naturaleza distinta, mayormente está referida a las condiciones que se requiere recuperar en los elementos que conforman lo que en el Perú se denomina las calzadas y las bermas de la carretera, así como correcciones puntuales generadas por alguna inestabilidad en los terraplenes, que producirán posiblemente pequeños hundimientos y que requieren recuperación localizada de la plataforma, de la superficie de rodadura y de las obras complementarias (Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018).

Recapeo asfáltico: consiste en la colocación de una o dos capas de mezcla asfáltica sobre carpeta de rodadura, esta acción se realiza cuando el pavimento se encuentra en un estado regular.

Sellos asfálticos: es una acción correctiva y preventiva, ya que retarda el deterioro y los daños más severos en el pavimento, y de esta manera se logra una recuperación superficial de la carpeta de rodadura ya sea desgastadas o pulidas.

Fresado de carpeta asfáltica: consiste en la sustitución total o de una sección de la carpeta de rodadura para así poder alcanzar una adecuada transitabilidad, el objetivo del fresado de la carpeta asfáltica es recuperar las condiciones superficiales y estructurales del pavimento, por lo cual se aplica un corte parcial o total a la capa de rodadura.

Relación entre mantenimientos, rehabilitación y PCI

Las acciones de corrección que se realizan en un pavimento, dependen de la identificación de las diferentes fallas durante el proceso evaluación superficial, es por ello que resulta fundamenta definir una metodología de evaluación superficial ya que esta permitirá tener valores del estado del pavimento, así como las acciones

de intervención que se deberán ejecutar para recuperar sus condiciones de funcionalidad. A continuación, en la siguiente tabla se muestra la relación entre el método PCI cuya función es realizar una evaluación superficial del pavimento y las acciones de intervención a ejecutar en base a una escala de valores obtenidos.

Tabla 20

Correlación del PCI y el tipo de intervención a realizar.

TIPOS DE INTERVENCIÓN	ESCALA DE CLASIFICACIÓN	RANGO PCI	
		Mantenimiento rutinario	Excelente
	Muy bueno	85	70
Mantenimiento periódico	Bueno	70	55
	Regular	55	40
Rehabilitación	Malo	40	25
Rehabilitación o Re-Construcción	Muy malo	25	10
	Fallado	10	0

Fuente: (Jugo, 2005)

2.3. Marco Conceptual

Afirmado

Es una capa de material granular natural o procesado, con un tamaño de partículas específicas las cuales deben soportar directamente o indirectamente las cargas y esfuerzos impuesto por el tránsito, su espesor y características varían de acuerdo al diseño establecido (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Calicata

Son diversas formas de excavaciones, las cuales nos permiten observar de forma directa la estructura y composición del suelo, así como también la toma de muestras para la ejecución de ensayos que nos permitirán caracterizar y determinar las propiedades del suelo (Menéndez, 2009).

Calzada

Parte de una vía o camino con una determinada sección típica, destinada a la circulación de vehículos, compuesta por uno o más carriles que permite un adecuado funcionamiento del sistema vial (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010).

Diseño de pavimentos

Proceso que permite determinar los componentes o espesores estructurales de un tramo de pavimento urbano o carretero, a partir de las características y condiciones de la zona como son el suelo de la subrasante, la distribución e la influencia del tráfico y las condiciones ambientales que se imponen (Menéndez, 2009).

Rehabilitación

Es el proceso que se ejecuta necesariamente para devolverle la condición original a la infraestructura vial del pavimento, adecuándola nuevamente a su condición de servicio permitiendo mejorar su transitabilidad y funcionalidad (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Vía Urbana

Área ubicada dentro del espacio urbano destinada al tránsito vehicular y poblacional, cuyas características de velocidad, accesibilidad, tráfico y diseño depende del tipo de vía, las cuales se clasifican en expresas, arteriales, colectoras y locales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010).

2.4 Hipótesis

La elaboración de una propuesta de mejoramiento permitirá rehabilitar el pavimento flexible de la avenida Don Bosco entre el tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo en el departamento de Piura.

2.5 Variable

2.5.1 Variable independiente

Rehabilitación de pavimento flexible.

2.5.2 Operacionalización de variable

Tabla 21

Operacionalización de variable.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
INDEPENDIENTE	Rehabilitación del pavimento flexible	Es aquel proceso que se ejecuta con la finalidad de devolverle la condición original a la infraestructura del pavimento, permitiendo mejorar la transitabilidad.	Método PCI	Fallas	Guías de observación
				Severidad	Guías de observación
			Ensayos de laboratorio y campo	Granulometría	Equipos de campo y laboratorio
				Límites de Atterberg	
				CBR	
			Calicatas		
			Estudio de tráfico	Conteo Vehicular	Guías de recolección de datos
			Propuesta de diseño	ESAL DE DISEÑO - Método ASTHHO 93	Guías de revisión documentaria
Presupuesto de rehabilitación	Análisis de costos unitarios	Guías de revisión documentaria			

Nota: Se muestra la descomposición de la variable independiente. Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada, puesto que se utilizará conocimientos de metodologías comprobadas técnicas y científicamente, las cuales permitirán realizar nuestra investigación.

3.1.2 Nivel de investigación

De acuerdo al enfoque del estudio se adopta un nivel de investigación descriptiva, puesto que se describe al fenómeno en base a su realidad.

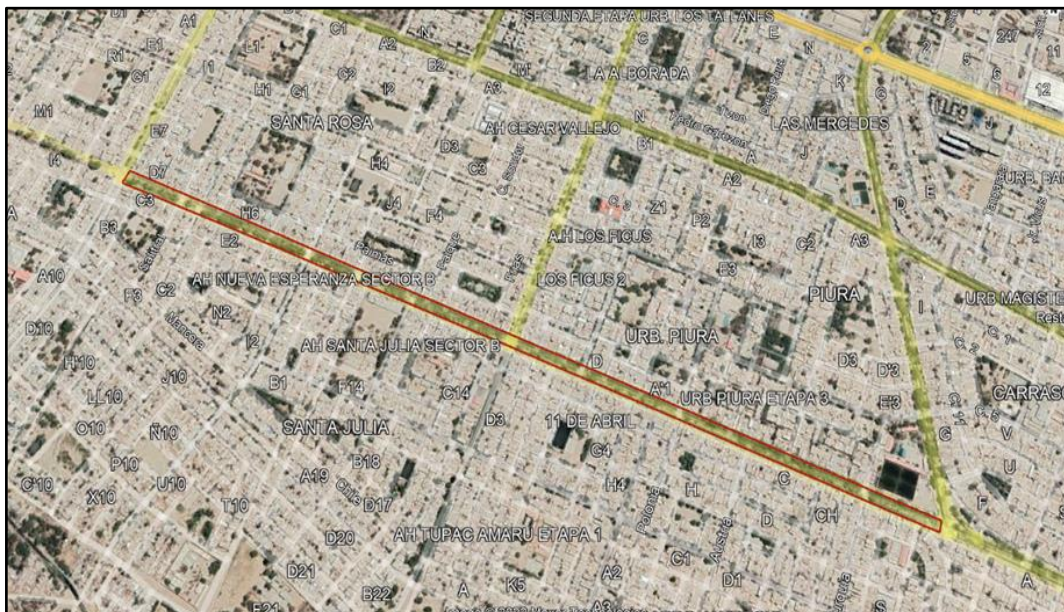
3.2 Población y muestra del estudio

3.2.1 Población.

La población está representada por la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo, distrito de Veintiséis de Octubre, provincia y departamento de Piura.

Imagen 32

Avenida Don Bosco.



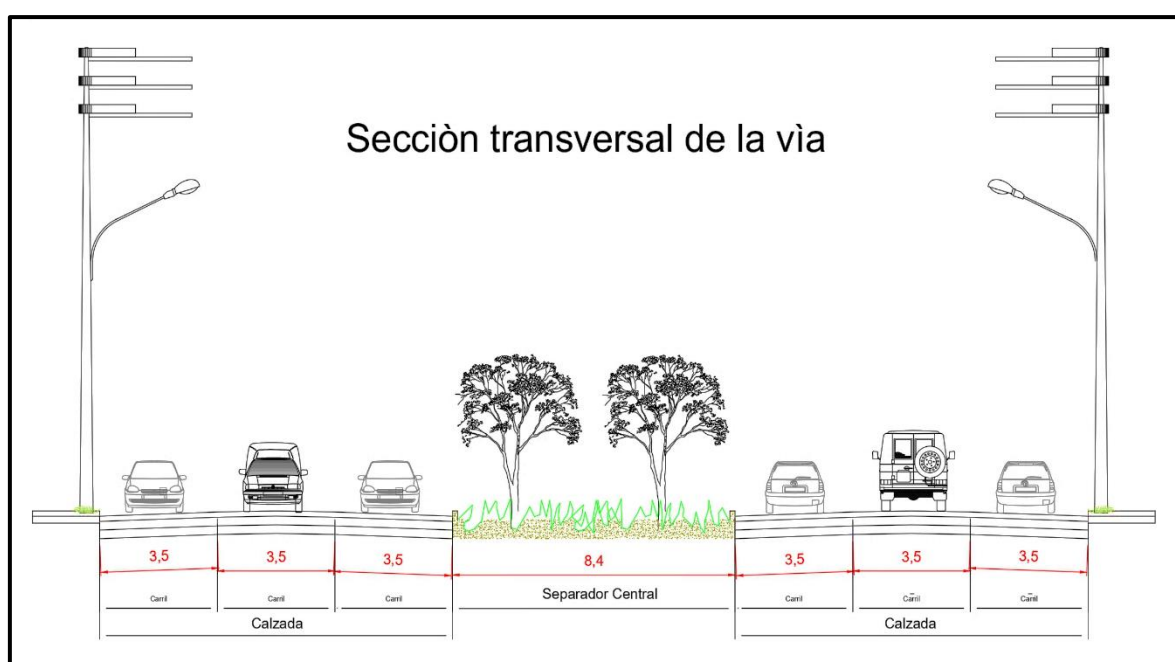
Nota: La imagen muestra la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo a través de una vista satelital. Fuente: Elaboración propia.

Características de la vía en estudio:

- Longitud : 2090.00 m
- Ancho promedio de Carril : 3.50 m
- Ancho promedio de Calzada : 10.50 m
- Ancho del separador central : 8.40 m
- Número de calzada : 02 calzadas
- Número de carriles : 03 carriles por calzada

Imagen 33

Sección de la avenida Don Bosco.



Nota: La imagen muestra la sección transversal de la avenida Don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Muestra

La muestra está determinada por las diferentes secciones de la avenida Don Bosco tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo, en la cual se obtendrá las unidades de muestreo para aplicar el método del PCI y a su vez ensayos destructivos de excavación con calicatas, donde a través del cálculo por medio del tipo de vía, la cual clasificada como colectora se determina que se deben realizar calicatas cada 3000 m² de área o como mínimo 3 puntos de investigación a lo largo de la vía, según lo menciona la siguiente tabla:

Tabla 22

Área de estudio según tipo de vía.

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010).

Considerando el ancho promedio de las calzadas es 10.50 m y una longitud de 2090 m de la vía en estudio, se obtiene un área de 21,945 m², a través de cual se calculará el número de calicatas según el tipo de vía (3000 m²) mencionado anteriormente, nos da un resultado de 7 calicatas.

Ecuación 11

Número de calicatas a realizar.

$$N^{\circ} C = \frac{2090 \times 10.50}{3000} = 7.03 \cong 7$$

Fuente: Elaboración propia.

En base al método del PCI, podemos obtener las unidades de muestreo de la vía a ser evaluadas. Cabe señalar que el método en mención determina que se debe respetar el rango del área de muestreo el cual debe estar entre 135 y 315 m², en base a estos indicadores determinaremos lo siguiente:

Ecuación 12

Área de muestreo para el cálculo del PCI.

$$\text{Área} = 10.50 * 28.00 = 294.00 \text{ m}^2$$

Nota. La ecuación 12 se realizó a partir de las características geométricas de la vía en estudio. Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual podemos decir que está en el rango aceptable de evaluación. Además, para obtener las unidades a ser evaluadas, aplicaremos la fórmula dada por el manual del PCI, la cual se indica a continuación:

Ecuación 13

Cálculo de las unidades de muestreo a evaluar.

$$n = \frac{75 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (75 - 1) + 10^2} = 13$$

Nota. La ecuación N°13 se calcula en base a los criterios de la ecuación N°1 la cual fue descrita en nuestro marco teórico. Fuente: Elaboración propia.

Las unidades a ser evaluadas son 13 por calzada de acuerdo al método del PCI, lo que haría un total de 26 muestras a ser evaluadas en los dos sentidos de la vía.

3.3 Diseño de investigación

La investigación en estudio acoge una técnica descriptiva, puesto que se llevará a cabo un estudio de tráfico, un estudio de mecánica de suelos y una evaluación superficial del pavimento, los cuales me permitirán obtener indicadores descriptivos de conteo vehicular, fallas del pavimento y características del suelo. Con esta información, junto a los manuales y normas de diseño se pretende plantear una rehabilitación del pavimento flexible de la zona en estudio.

3.4 Técnica e instrumento de investigación

3.4.1 Técnicas de recolección de datos:

Mediante las técnicas de observación directa y análisis documental se determinará el tipo de falla existente y su severidad, para ello se aplicará la metodología del PCI.

Aplicando la técnica de observación experimental y los parámetros establecidos por la norma C.E 010 pavimentos urbanos se realizará un estudio de mecánica de suelos donde se pretende realizar inspecciones del suelo a través de calicatas, las cuales permitirán determinar la condición estructural de la vía.

A través de la técnica de observación directa y basándonos en las normas vigentes se realizará un estudio de tráfico, el cual me permitirá determinar el índice medio diario anual.

A su vez se utilizará la técnica de análisis documental, para la adquisición de información específica, la cual nos ayudará a analizar, entender y elaborar, nuestra

propuesta de rehabilitación y diseño estructural en función de la metodología AASHTO 93.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos:

A través de guías de observación se registra el tipo de fallas del pavimento flexible, para ello se utilizará los formatos de evaluación recomendados por la metodología del PCI.

Empleando equipos de laboratorio se llevará a cabo el servicio de estudio de mecánicas de suelos con el fin de realizar calicatas a la zona de estudio, dicho servicio será supervisado, lo que permitirá obtener resultados confiables.

A través de los formatos de conteo vehicular (guías de recolección de datos) recomendados por el MTC se realizará el estudio de tráfico donde se plasmará la información obtenida visualmente según el tipo de vehículo, lo que a su vez permitirá obtener el IMDA.

Finalmente, con los datos obtenidos a partir de las guías de observación, equipos de laboratorio, se realizará un análisis documentario empleando los manuales del MTC y las normas técnicas para así poder plantear una rehabilitación óptima y un diseño estructural del pavimento flexible de la vía en estudio.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizará la técnica de estadística descriptiva, la cual se basa en recolectar, procesar y caracterizar un conjunto de datos que tienen por objetivo presentar masas estadísticas por medio de tablas, gráficos y resúmenes descriptivos.

Para ello se utilizará el software Microsoft Excel el cual me permitirá procesar la información obtenida de los ensayos destructivos de evaluación del pavimento, lo que permitirá definir el estado físico de la vía

Con la ayuda del programa Microsoft Excel se procesará la información proveniente de la evaluación superficial del pavimento de la zona en estudio, lo que me permitirá obtener el índice de condición del pavimento flexible (PCI).

Finalmente, para realizar la propuesta de rehabilitación y diseño del pavimento flexible se empleará las hojas de cálculo del software Microsoft Excel, las cuales se

elaborarán aplicando la metodología AASTHO 93, a su vez se empleará el software S10 costos y presupuestos para determinar una propuesta económica de rehabilitación.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se dará a conocer todos los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los métodos estipulados en los objetivos específicos y descritos en el capítulo de marco teórico, los cuales permitirán mejorar las condiciones de servicio de la avenida Don Bosco.

Es necesario indicar que los resultados obtenidos se mostraran en una secuencia ordenada de acuerdo a los objetivos planteados, donde primero se aplicara la metodología PCI la cual me permitirá calificar y determinar el estado superficial del pavimento, en segundo lugar, se procederá a realizar los ensayos destructivos de excavación con calicatas para así determinar las características técnicas del actual paquete estructural de pavimento. Por último, se procederá a realizar un diseño estructural del pavimento flexible aplicando la metodología AASTHO 93, lo cual correlacionando con los dos primeros objetivos descritos me permitirán realizar una propuesta económica de rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Don Bosco entre los tramos Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo.

4.1 Análisis de interpretación de resultados.

4.1.1 Evaluación superficial del pavimento flexible.

Fallas y severidad de los tramos existentes

En función al método PCI se procedió a realizar la evaluación superficial del pavimento de la avenida Don Bosco para lo cual, y con fines de investigación se dividió la vía en dos tramos de evaluación, el tramo 01 (ida) inicia en la avenida Raúl Mata de la Cruz y culmina en la avenida Cesar Vallejo, mientras que por lo contrario el tramo 2 (regreso) tiene como punto de inicio la avenida Cesar Vallejo y como culminación la avenida Raúl Mata de la Cruz.

En la tabla 23 se muestra el tramo 01 (ida) y el tramo 02 (regreso), desde el Km 0+000 al Km 2+090, así mismo se correlaciona cada progresiva con su unidad de muestreo de evaluación (UM), las cuales se obtuvieron siguiendo los lineamientos de seccionamiento establecidos por el método PCI.

Tabla 23

Unidades de muestreo a evaluar de la av. Don Bosco, tramo Raúl Mata la Cruz y Cesar Vallejo.

TRAMO 01				TRAMO 02			
UM 1	1	0+000	0+028	UM 14	1	0+000	0+028
UM 2	7	0+168	0+196	UM15	7	0+168	0+196
UM 3	13	0+336	0+364	UM 16	13	0+336	0+364
UM 4	19	0+504	0+532	UM 17	19	0+504	0+532
UM 5	25	0+672	0+700	UM 18	25	0+672	0+700
UM 6	31	0+840	0+868	UM 19	31	0+840	0+868
UM 7	37	1+008	1+036	UM 20	37	1+008	1+036
UM 8	43	1+176	1+204	UM 21	43	1+176	1+204
UM 9	49	1+344	1+372	UM 22	49	1+344	1+372
UM 10	55	1+512	1+540	UM 23	55	1+512	1+540
UM 11	61	1+680	1+708	UM 24	61	1+680	1+708
UM 12	67	1+848	1+876	UM 25	67	1+848	1+876
UM 13	73	2+016	2+044	UM 26	73	2+016	2+044

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Total de fallas encontradas en el tramo 01.

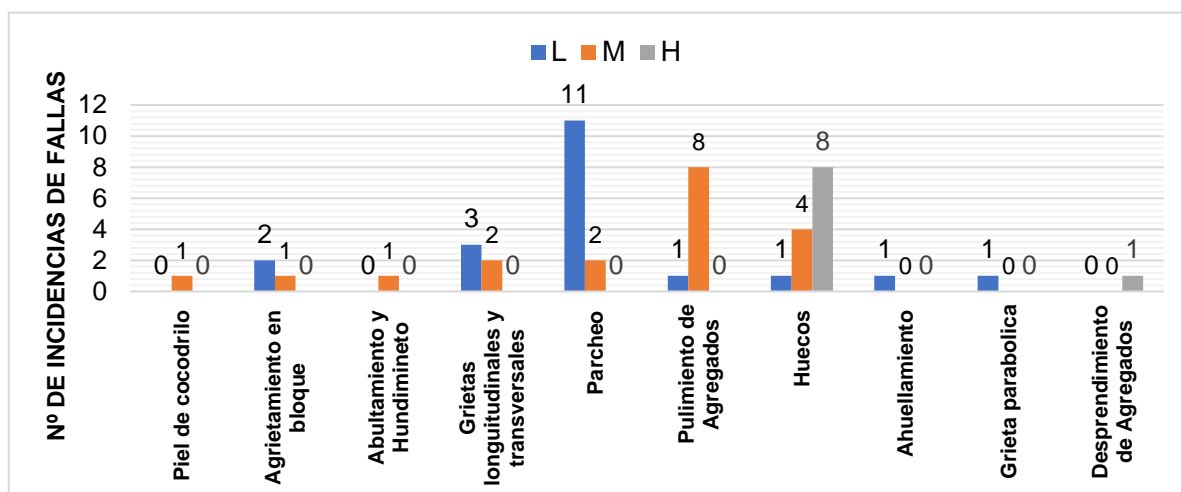
TOTAL, DE FALLAS SEGÚN SU UM Y SEVERIDAD EN EL TRAMO 01					
TRAMO	UM	NOMBRE DE FALLA	UND	SEVERIDAD	CANTIDAD
01	UM 01	Parqueo	m2	L	10.66
		Ahuellamiento	m2	L	1.04
		Huecos	und	H	2.02
		Huecos	und	M	1.02
	UM 02	Desprendimiento de Agregados	m2	H	8.19
		Huecos	und	H	45.41
		Grietas longitudinales y transversales	m	M	7.21
		Parqueo	m2	L	7.71
	UM 03	Agrietamiento en bloque	m2	M	58.00
		Grietas longitudinales y transversales	m	M	33.59
		Huecos	und	M	2.02
		Huecos	und	H	5.23
	UM 04	Huecos	und	H	13.93
		Huecos	und	L	1.00
		Pulimiento de Agregados	m2	M	67.20
		Abultamiento y Hundimiento	m2	M	5.29
	UM 05	Parqueo	m2	L	53.48
		Grietas longitudinales y transversales	m	L	0.45
		Huecos	und	M	1.00
		Agrietamiento en bloque	m2	L	7.76
	UM 06	Parqueo	m2	L	38.01
		Parqueo	m2	M	3.05
		Huecos	und	M	2.00
		Pulimiento de Agregados	m2	M	47.91
		Agrietamiento en bloque	m2	L	4.10
		Piel de cocodrilo	m2	M	6.14
	UM 07	Huecos	und	H	2.00
		Pulimiento de Agregados	m2	M	158.76
		Parqueo	m2	L	10.48
	UM 08	Grietas longitudinales y transversales	m	L	0.80
		Parqueo	m2	L	33.62
		Pulimiento de Agregados	m2	M	95.97
	UM 09	Parqueo	m2	L	84.16
		Pulimiento de Agregados	m2	M	108.53
		Huecos	und	H	1.00
		Grieta parabólica	m2	L	0.74
	UM 10	Parqueo	m2	M	0.54
		Parqueo	m2	L	77.33
		Pulimiento de Agregados	m2	L	92.28
	UM 11	Grietas longitudinales y transversales	m	L	1.23
		Parqueo	m2	L	24.64
		Pulimiento de Agregados	m2	M	161.84
Huecos		und	H	1.00	
UM 12	Parqueo	m2	L	33.26	
	Pulimiento de Agregados	m2	M	57.50	
	Huecos	und	H	2.00	
UM 13	Parqueo	m2	L	101.99	
	Pulimiento de Agregados	m2	M	62.25	

Fuente: Elaboración propia.

En función de la tabla 24 se pudo determinar que el tramo 01 de la vía en estudio presenta 10 tipos de fallas en toda su extensión, las cuales fueron cuantificadas y clasificadas de acuerdo a su unidad de medición y a la severidad mostrada.

Imagen 34

Número de incidencia de fallas en el tramo 01.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Resumen de daño en la av. Don Bosco – tramo 01.

TIPO DE FALLA	UND	L	M	H	TOTAL
Piel de cocodrilo	m2	0.00	6.14	0.00	6.14
Agrietamiento en bloque	m2	11.85	58.00	0.00	69.85
Abultamiento y Hundimiento	m2	0.00	5.29	0.00	5.29
Grietas longitudinales y transversales	m	2.48	40.80	0.00	43.28
Parcheo	m2	475.33	3.59	0.00	478.92
Pulimiento de Agregados	m2	92.28	759.97	0.00	852.24
Huecos	und	1.00	6.04	72.59	79.63
Ahuellamiento	m2	1.04	0.00	0.00	1.04
Grieta parabólica	m2	0.74	0.00	0.00	0.74
Desprendimiento de Agregados	m2	0.00	0.00	8.19	8.19

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la imagen 34 se puede identificar que la falla que mayor se presenta en la vía es la del parcheo, mientras que de acuerdo a la tabla 25 se pudo determinar que la falla con mayor extensión a lo largo de la vía del tramo 01 es causada por el pulimiento de agregados en la superficie de rodadura del pavimento.

Tabla 26

Total de fallas encontradas en el tramo 02.

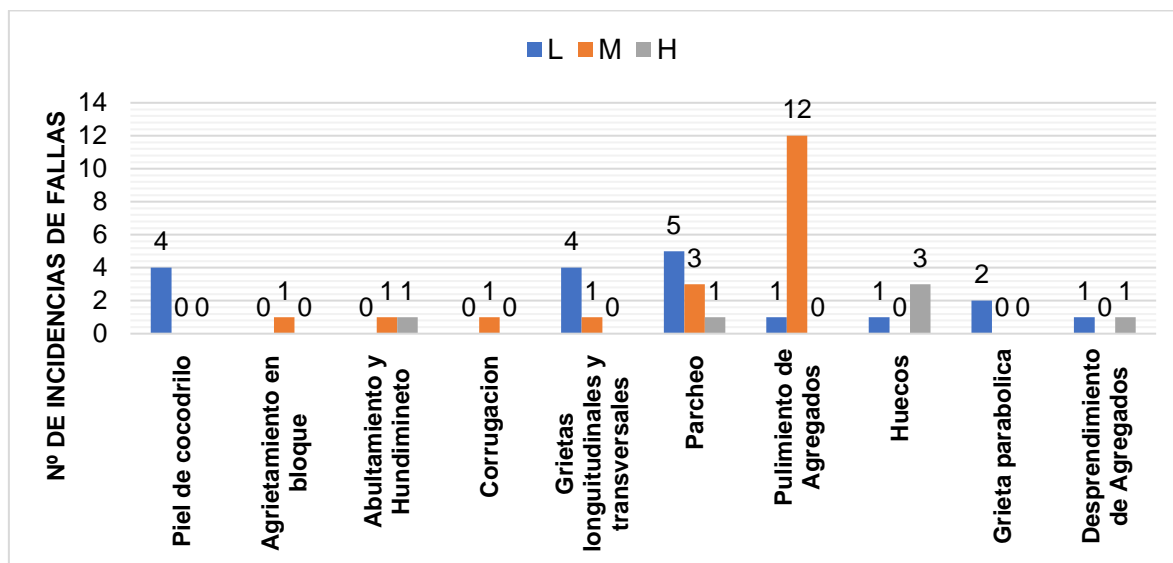
TOTAL, DE FALLAS SEGÚN SU UM Y SEVERIDAD EN EL TRAMO 02					
TRAMO	UM	TIPO DE FALLA	UND	SEVERIDAD	CANTIDAD
02	UM 14	Pulimiento de Agregados	m2	M	12.60
		Grieta parabólica	m2	L	0.60
	UM 15	Grietas longitudinales y transversales	m	L	1.20
		Parcheo	m2	L	1.23
		Pulimiento de Agregados	m2	M	56.45
	UM 16	Grietas longitudinales y transversales	m	L	1.73
		Pulimiento de Agregados	m2	M	81.48
	UM 17	Parcheo	m2	L	16.73
		Pulimiento de Agregados	m2	M	29.82
		Grieta parabólica	m2	L	0.88
		Piel de cocodrilo	m2	L	2.40
	UM 18	Piel de cocodrilo	m2	L	0.96
		Grietas longitudinales y transversales	m	L	0.44
		Pulimiento de Agregados	m2	M	77.84
	UM 19	Piel de cocodrilo	m2	L	7.68
		Pulimiento de Agregados	m2	M	65.80
	UM 20	Corrugación	m2	M	3.70
		Parcheo	m2	M	3.13
		Pulimiento de Agregados	m2	M	20.20
	UM 21	Parcheo	m2	L	82.32
		Pulimiento de Agregados	m2	M	0.69
	UM 22	Piel de cocodrilo	m2	L	2.25
		Grietas longitudinales y transversales	m	M	0.31
		Pulimiento de Agregados	m2	L	101.36
		Huecos	m2	L	1.00
	UM 23	Grietas longitudinales y transversales	m2	L	0.62
		Pulimiento de Agregados	m2	M	59.64
		Desprendimiento de Agregados	m2	L	37.24
	UM 24	Agrietamiento en bloque	m2	M	38.88
		Parcheo	m2	L	100.59
		Pulimiento de Agregados	m2	M	21.22
		Huecos	und	H	2.55
		Desprendimiento de Agregados	m2	H	0.90
	UM 25	Abultamiento y hundimiento	m2	H	2.30
		Parcheo	m2	M	4.15
		Parcheo	m2	L	23.85
		Pulimiento de Agregados	m2	M	106.96
		Huecos	und	H	14.68
	UM 26	Abultamiento y hundimiento	m2	M	58.80
		Parcheo	m2	M	26.60
		Parcheo	m2	H	14.66
		Pulimiento de Agregados	m2	M	129.37
		Huecos	und	H	3.08

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 26 se pudo determinar que el tramo 02 de la vía en estudio presenta 10 tipos de fallas en toda su extensión, las cuales fueron cuantificadas y clasificadas de acuerdo a su unidad de medición y a la severidad mostrada durante su evaluación.

Imagen 35

Número de incidencia de fallas en el tramo 02.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Resumen de daño en la av. Don Bosco – tramo 02.

TIPO DE FALLA	UND	L	M	H	TOTAL
Piel de cocodrilo	m2	13.29	0.00	0.00	13.29
Agrietamiento en bloque	m2	0.00	38.88	0.00	38.88
Abultamiento y Hundimiento	m2	0.00	58.80	2.30	61.10
Corrugación	m2	0.00	3.70	0.00	3.70
Grietas longitudinales y transversales	m	3.99	0.31	0.00	1.37
Parcheo	m2	224.72	33.88	14.66	256.53
Pulimiento de Agregados	m2	101.36	662.06	0.00	639.52
Huecos	und	1.00	0.00	20.31	21.31
Grieta parabólica	m2	1.48	0.00	0.00	1.48
Desprendimiento de Agregados	m2	37.24	0.00	0.90	38.14

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la imagen 35 y a la tabla 27 se pudo determinar que la falla con mayor incidencia y extensión a lo largo de la vía del tramo 02 es causada por el pulimiento de agregados en la superficie de rodadura del pavimento flexible.

Valor del PCI por unidad de muestreo

Teniendo establecidos los parámetros de evaluación como son el tipo de falla, la severidad, la cantidad, la densidad y el valor deducido, se realizó el cálculo del índice de condición del pavimento para cada unidad de muestreo, así mismo se debe señalar que el sustento del valor obtenido del PCI se encuentra en los anexos de nuestra investigación.

Tabla 28

Cálculo del PCI del tramo 01.

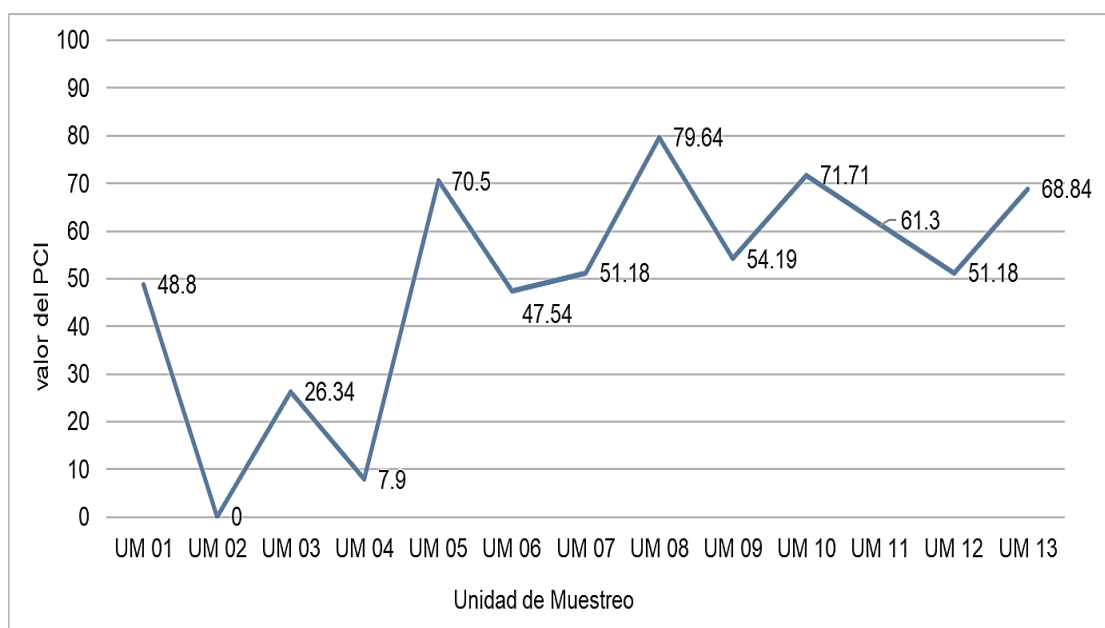
UM	MUESTRAS	PROGRESIVAS		PCI	CLASIFICACION	PCI-GLOBAL
UM 1	1	0+000	0+028	48.80	REGULAR	49.16
UM 2	7	0+168	0+196	0.00	FALLADO	
UM 3	13	0+336	0+364	26.34	MALO	
UM 4	19	0+504	0+532	7.90	FALLADO	
UM 5	25	0+672	0+700	70.5	MUY BUENO	
UM 6	31	0+840	0+868	47.54	REGULAR	
UM 7	37	1+008	1+036	51.18	REGULAR	
UM 8	43	1+176	1+204	79.64	MUY BUENO	
UM 9	49	1+344	1+372	54.19	REGULAR	
UM 10	55	1+512	1+540	71.71	MUY BUENO	
UM 11	61	1+680	1+708	61.30	BUENO	
UM 12	67	1+848	1+876	51.18	REGULAR	
UM 13	73	2+016	2+044	68.839	BUENO	

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la tabla 28 se muestra el resultado del índice de condición del pavimento para cada unidad de muestreo evaluada en el tramo 01, así mismo se debe indicar que existe un área comprendida entre las progresivas 0+168 a 0+532 que se encuentra en condiciones de malas hasta falladas. A continuación, en la imagen 36 se muestra los resultados del PCI obtenidos por unidad de análisis:

Imagen 36

Perfil del estado del pavimento por unidad de muestreo – tramo 01.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

Cálculo del PCI del tramo 02.

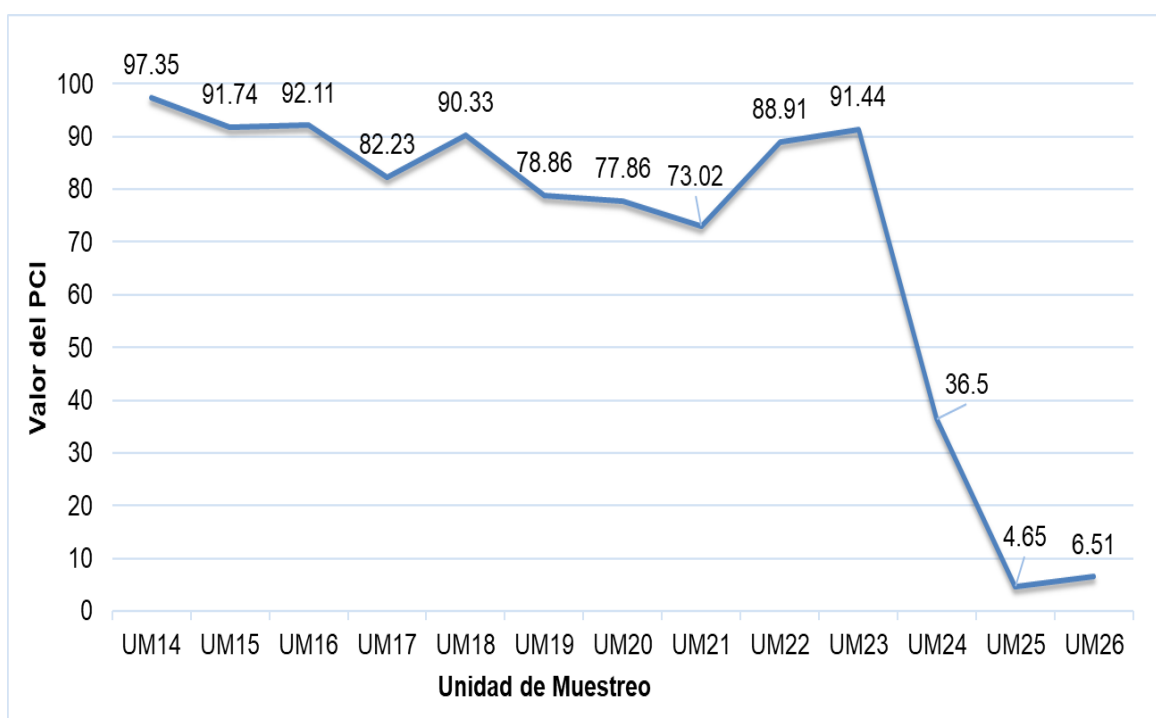
UM	MUESTRAS	PROGRESIVAS		PCI	CLASIFICACION	PCI-GLOBAL
UM 14	76	0+000	0+028	97.35	EXCELENTE	70.12
UM15	82	0+168	0+196	91.74	EXCELENTE	
UM 16	88	0+336	0+364	92.11	EXCELENTE	
UM 17	94	0+504	0+532	82.23	MUY BUENO	
UM 18	100	0+672	0+700	90.33	EXCELENTE	
UM 19	106	0+840	0+868	78.86	MUY BUENO	
UM 20	112	1+008	1+036	77.86	MUY BUENO	
UM 21	118	1+176	1+204	73.02	MUY BUENO	
UM 22	124	1+344	1+372	88.91	EXCELENTE	
UM 23	130	1+512	1+540	91.44	EXCELENTE	
UM 24	136	1+680	1+708	36.5	MALO	
UM 25	142	1+848	1+876	4.65	FALLADO	
UM 26	148	2+016	2+044	6.51	FALLADO	

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la tabla 29 se muestra los resultados del índice de condición del pavimento para cada unidad de muestreo evaluada en el tramo 02, así mismo se debe indicar que existe un área comprendida entre las progresivas 1+680 a 2+044 que se encuentra en condiciones de malas hasta falladas. A continuación, en la imagen 37 se muestra los resultados del PCI obtenidos por unidad de análisis:

Imagen 37

Perfil del estado del pavimento por unidad de muestreo - tramo 02.



Fuente: Elaboración propia.

Condición actual del pavimento flexible en la av. Don Bosco.

Luego de obtener los indicadores de condición del pavimento flexible de las 26 unidades de muestreo del tramo 01 y tramo 02 de la avenida Don Bosco se procedió al cálculo del PCI global de cada tramo para lo cual se aplicó la ecuación 5 descrita en nuestro marco teórico, así mismo se debe indicar que en correlación con el valor obtenido del PCI se determinó su clasificación superficial, lo descrito anteriormente queda representado de la siguiente manera:

Tabla 30*PCI de la av. Don Bosco, tramo Raúl Mata la Cruz y Cesar Vallejo.*

TRAMOS ESTUDIADOS	PCI-GLOBAL POR TRAMO	CLASIFICACION
TRAMO 01	49.16	REGULAR
TRAMO 02	70.12	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se determinó el índice de condición del pavimento flexible, tanto para el tramo 01 como para el tramo 02 de la avenida Don Bosco, teniendo como resultado un valor de 49.16 para el tramo 01 cuya clasificación es de REGULAR, mientras que para el tramo 02 se obtiene un valor de PCI de 70.12 cuya clasificación corresponde como MUY BUENA.

En la siguiente tabla se observa que de 13 muestras estudiadas en el tramo 01 de la avenida Don Bosco, 3 de ellas se encuentran en estado muy bueno con un porcentaje de 23%, 2 en estado bueno lo que representa un 15%, 5 en estado regular con un 38%, 1 en estado malo con una incidencia de 8% y 2 en estado fallado con un 15%, cabe resaltar que de todas las unidades de muestreo estudiadas no se obtuvo ninguna con calificación de excelente y muy mala.

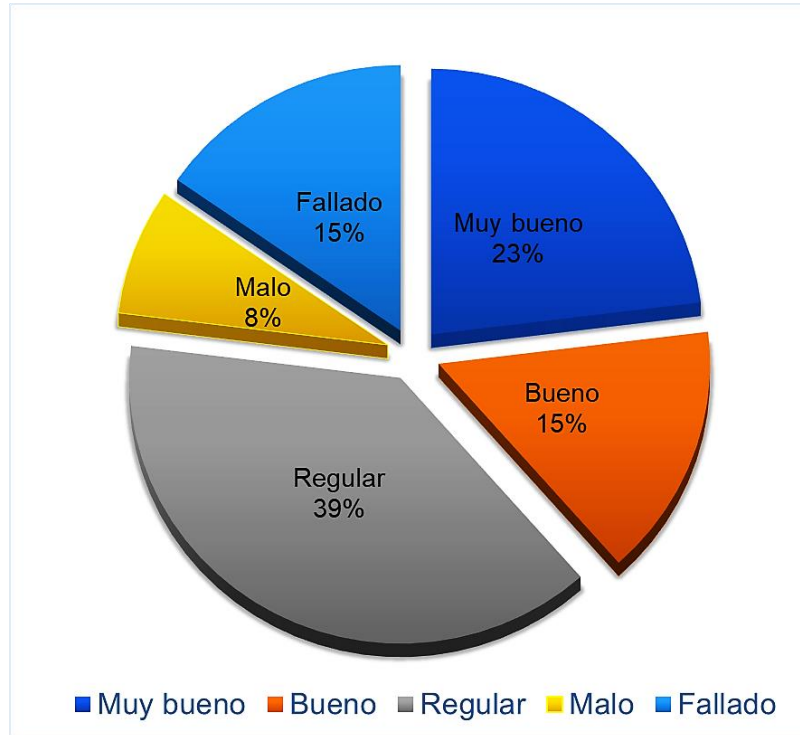
Tabla 31*Porcentaje de incidencia del estado del pavimento para el tramo 01.*

TRAMO 01	CONDICION	UM	PORCENTAJE
	Muy bueno	3	23%
	Bueno	2	15%
	Regular	5	38%
	Malo	1	8%
	Fallado	2	15%

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 38

Estado del pavimento flexible de la avenida Don Bosco – tramo 01.



Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera que el tramo 01, en la tabla 32 se observa que de 13 muestras estudiadas en el tramo 02 de la avenida Don Bosco, 6 de ellas se encuentran en estado excelente con un porcentaje de 46%, 4 en estado muy bueno con una incidencia de 31%, 1 en estado malo con un porcentaje de 8% y 2 en estado fallado con un porcentaje de 15%, cabe resaltar que de todas las unidades de muestreo que fueron estudiadas no se obtuvo ninguna que se encuentre en estado bueno, regular y muy malo. Respecto a lo anterior mencionado, en la imagen 39 se grafica los porcentajes de incidencia obtenidos en la tabla 32 como se muestra a continuación:

Tabla 32

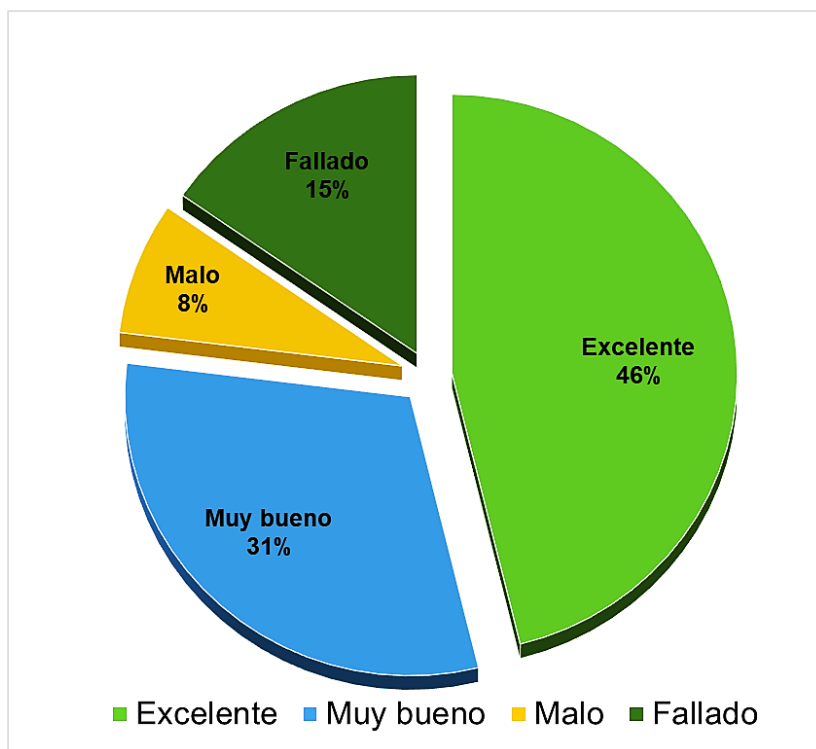
Porcentaje de incidencia del estado del pavimento para el tramo 02.

TRAMO 02	CONDICION	UM	PORCENTAJE
	Excelente	6	46%
	Muy bueno	4	31%
	Malo	1	8%
	Fallado	2	15%

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 39

Estado del pavimento flexible de la avenida Don Bosco – tramo 02.



Fuente: Elaboración propia.

Relación entre la clasificación de la metodología del PCI y la intervención a ejecutar.

En función a la evaluación del pavimento flexible realizado a través de la metodología del PCI al tramo 01 y 02 se obtuvo su condición superficial y clasificación, en relación a estos resultados y de acuerdo a la tabla 20 se propone un tipo de intervención a ejecutar para cada unidad de análisis, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 33

Resumen de clasificación del PCI y método de intervención – tramo 01.

UNIDAD DE MUESTREO (UM)	PROGRESIVAS		CLASIFICACIÓN	MÉTODO DE INTERVENCIÓN
UM 1	0+000	0+028	REGULAR	MANTENIMIENTO PERIODICO
UM 2	0+168	0+196	FALLADO	REHABILITACION O RECONSTRUCCION
UM 3	0+336	0+364	MALO	
UM 4	0+504	0+532	FALLADO	
UM 5	0+672	0+700	MUY BUENO	MANTENIMIENTO RUTINARIO
UM 6	0+840	0+868	REGULAR	MANTENIMIENTO PERIODICO
UM 7	1+008	1+036	REGULAR	
UM 8	1+176	1+204	MUY BUENO	MANTENIMIENTO RUTINARIO
UM 9	1+344	1+372	REGULAR	MANTENIMIENTO PERIODICO
UM 10	1+512	1+540	MUY BUENO	MANTENIMIENTO RUTINARIO
UM 11	1+680	1+708	BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO
UM 12	1+848	1+876	REGULAR	
UM 13	2+016	2+044	BUENO	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 33 se puede determinar que desde la progresiva 0+168 a 0+532 el pavimento flexible de la avenida Don Bosco requiere un tipo de intervención mediante una rehabilitación o reconstrucción del pavimento, así mismo se muestra que las demás secciones requieren un mantenimiento periódico o rutinario.

Tabla 34

Resumen de clasificación del PCI y método de intervención – tramo 02.

UNIDAD DE MUESTREO (UM)	PROGRESIVAS		CLASIFICACIÓN	MÉTODO DE INTERVENCIÓN
UM 14	0+000	0+028	EXCELENTE	MANTENIMIENTO RUTINARIO
UM15	0+168	0+196	EXCELENTE	
UM 16	0+336	0+364	EXCELENTE	
UM 17	0+504	0+532	MUY BUENO	
UM 18	0+672	0+700	EXCELENTE	
UM 19	0+840	0+868	MUY BUENO	
UM 20	1+008	1+036	MUY BUENO	
UM 21	1+176	1+204	MUY BUENO	
UM 22	1+344	1+372	EXCELENTE	
UM 23	1+512	1+540	EXCELENTE	
UM 24	1+680	1+708	MALO	REHABILITACIÓN O RECONSTRUCCION
UM 25	1+848	1+876	FALLADO	
UM 26	2+016	2+044	FALLADO	

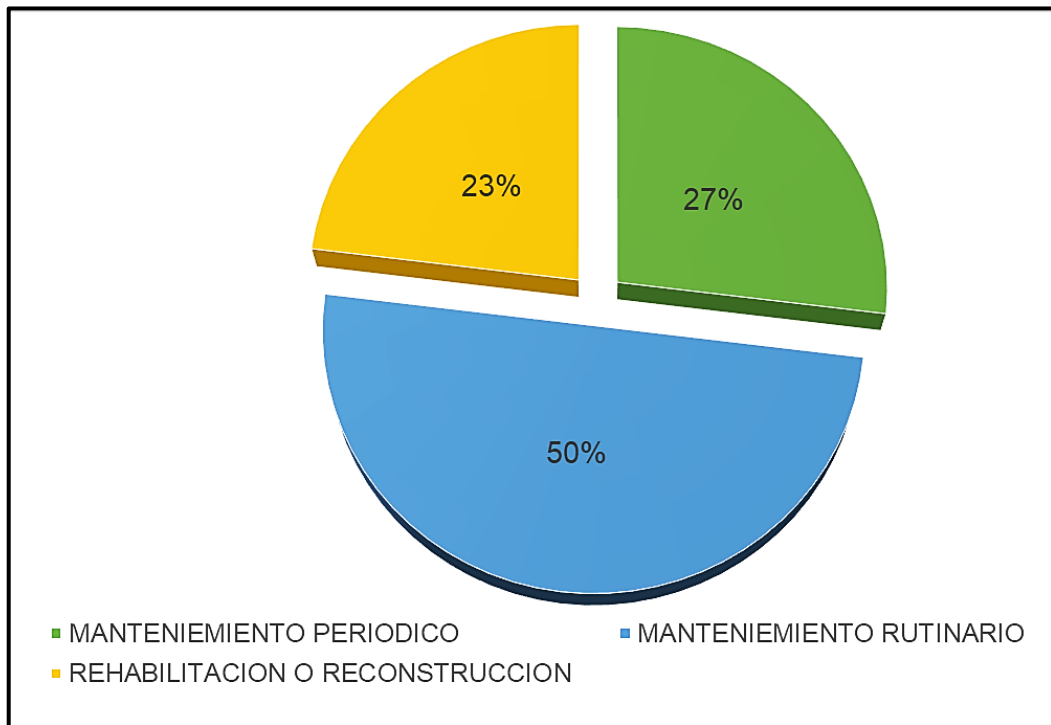
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tabla 34 se puede determinar que desde la progresiva 1+680 hasta la 2+044 el pavimento flexible de la avenida Don Bosco requiere un tipo de intervención mediante una rehabilitación o reconstrucción del pavimento, así mismo se muestra que las demás secciones requieren la ejecución de un mantenimiento rutinario.

En base a la información detallada anteriormente, se realiza el siguiente gráfico donde se muestra el porcentaje de cada método de intervención que se requiere ejecutar para la avenida Don Bosco entre los tramos de la Raúl Mata la Cruz y Cesar Vallejo.

Imagen 40

Porcentaje de intervención para la avenida Don Bosco – tramo 01 y 02.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la imagen 40 se obtiene como resultado que la avenida Don Bosco en el tramo 01 y 02, requiere un 50% de mantenimiento rutinario, un 27% de mantenimiento periódico, mientras que un 23% del pavimento requiere una rehabilitación o reconstrucción. A si mismo se debe señalar que según el tipo de intervención a realizar este permitirá devolver las condiciones de funcionalidad adecuadas para la vía en estudio.

4.1.2 Evaluación estructural del pavimento flexible

La evaluación estructural del pavimento flexible de la avenida Don Bosco tuvo como objetivo conocer las características técnicas del pavimento, para ello se procedió a realizar ensayos destructivos de excavación con calicatas, las cuales me permitirán obtener resultados de cada muestra luego de ser analizadas en laboratorio.

De acuerdo a la norma técnica CE. 010 pavimentos urbanos se establecen que para obtener las propiedades físico – mecánicas del pavimento se deberán realizar calicatas de acuerdo al tipo de vía, en nuestro caso al ser una vía colectora se deben ejecutar 7 (calicatas) o en su defecto como mínimo 3. En nuestro caso la Gerencia de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Distrital de Veintiséis de Octubre solo nos permitió realizar 3 calicatas, las cuales fueron distribuidas en ambas calzadas de la vía.

Tabla 35

Distribución de calicatas en la avenida Don Bosco.

Descripción	Simbología	Ubicación	Coordenada	Progresiva	Profundidad
Calicata 01	C - 01	Calzada izquierda	N 9426434	2+084.36	1.50 m
			E 537033		
Calicata 02	C - 02	Calzada derecha	N 9426093	0+873.47	1.50 m
			E 538028		
Calicata 03	C - 03	Calzada derecha	N 9425779	2+086.31	1.50 m
			E 538994		

Fuente: Elaboración propia.

El estudio de mecánica de suelos estuvo a cargo de la empresa JJ. CONSER CONSTRUCTORA SAC, la cual bajo nuestra supervisión procedió a realizar las 03 calicatas hasta llegar a una profundidad de 1.50 m por debajo de la carpeta asfáltica del pavimento existente, se debe indicar que la ejecución de los ensayos se realizó el día 23 de noviembre del 2022 para posteriormente ser analizados en el laboratorio y determinar las características técnicas y conformación estructural del pavimento. Es necesario indicar que el informe del estudio de mecánica de suelos se encuentra en los anexos de nuestra investigación.

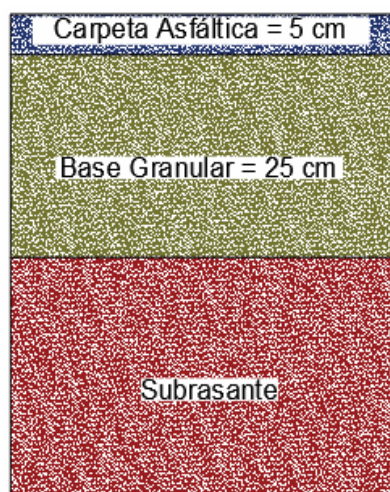
Conformación del paquete estructural del pavimento de la av. Don Bosco

De la evaluación estructural de la avenida Don Bosco y de los resultados obtenidos en laboratorio, se pudo determinar que el pavimento flexible tiene la siguiente conformación:

Con respecto a la calicata N°01 ubicada en la progresiva 2+084.36 (calzada izquierda), se halló una carpeta asfáltica de 5.00 cm en un estado de malo a regular y una capa base de afirmado con espesor de 25.00 cm, así mismo se indica que no se encontró un nivel freático a la profundidad de 1.50 m y que el espesor estructural del pavimento existente es de 30 cm, como se muestra a continuación:

Imagen 41

Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°01.

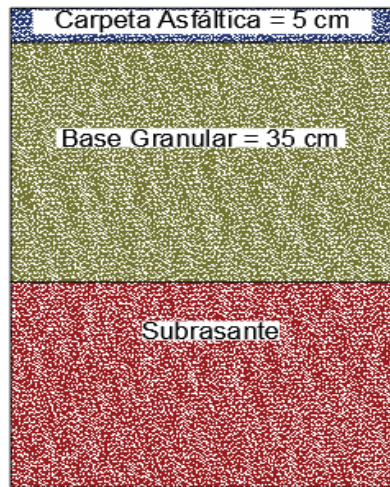


Fuente: Elaboración propia.

En la calicata N°02 ubicada en la progresiva 0+873.47 (calzada derecha), donde el pavimento flexible tenía un gran deterioro superficial, se halló una carpeta asfáltica de espesor de 5.00 cm en estado de regular a malo y una capa base granular de afirmado de 35 cm, lo cual determina un espesor total de pavimento de 40 cm. Se debe señalar que en esta calicata no se encontró nivel freático hasta la profundidad de excavación de 1.50 m.

Imagen 42

Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°02.

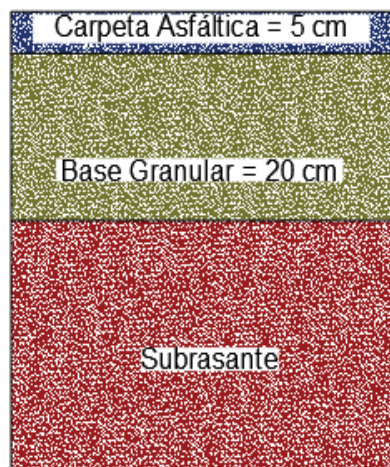


Fuente: Elaboración propia.

Para la calicata N°03 ubicada en la progresiva 2+086.31 (calzada derecha), se halló una carpeta asfáltica de estado de regular a malo de espesor de 5.00 cm y una capa base granular de afirmado de 20.00 cm, haciendo un espesor total de 25.00 cm de pavimento flexible, donde tampoco se halló la presencia de nivel freático a 1.50 m de profundidad, como se muestra a continuación:

Imagen 43

Espesores estructurales del pavimento – Calicata N°03



Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico de la capa base de la av. Don Bosco

A partir de las muestras extraídas de las calicatas N°01, N°02 y N°03, se realizó los ensayos de análisis granulométricos por tamizado a la base granular del pavimento, donde a partir de estos resultados se realizará la comparación con los parámetros de gradación establecidos por la norma técnica C.E 0.10 pavimentos urbanos, como se muestra a continuación:

Tabla 36

Requerimiento granulométrico para base granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	----	----
25 mm (1")	----	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Nota. Se muestra los parámetros de gradación estipulado por la norma C.E 0.10 pavimentos urbanos. Fuente: (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010).

Tabla 37

Comparación del requerimiento granulométrico C - 01.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso		Característica
	C-01	Gradación B	
50 mm (2")	96.1	100	No cumple
25 mm (1")	68.7	75 - 95	No cumple
9.5 mm (3/8")	40.3	40 - 75	Cumple
4.75 mm (N° 4)	31.6	30 - 60	Cumple
2.0 mm (N° 10)	29.7	20 - 45	Cumple
425 um (N° 40)	25.4	15 - 30	Cumple
75 um (N° 200)	11.3	5 - 15	Cumple

Nota. Se muestra la comparación de los resultados de la calicata 1 (C-01) y parámetros de gradación establecidos por la norma. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38*Comparación del requerimiento granulométrico C - 02.*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso		Característica
	C-2	Gradación B	
50 mm (2")	97.3	100	No cumple
25 mm (1")	82.4	75 - 95	Cumple
9.5 mm (3/8")	59.9	40 - 75	Cumple
4.75 mm (N° 4)	51.9	30 - 60	Cumple
2.0 mm (N° 10)	48.8	20 - 45	No cumple
425 um (N° 40)	43.8	15 - 30	No cumple
75 um (N° 200)	14.4	5 - 15	Cumple

Nota. Se muestra la comparación de los resultados de la calicata 2 (C-02) y parámetros de gradación establecidos por la norma. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39*Comparación del requerimiento granulométrico C - 03.*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso		Característica
	C-3	Gradación B	
50 mm (2")	87.7	100	No cumple
25 mm (1")	74.1	75 - 95	No cumple
9.5 mm (3/8")	64.7	40 - 75	Cumple
4.75 mm (N° 4)	59.1	30 - 60	Cumple
2.0 mm (N° 10)	56.7	20 - 45	No cumple
425 um (N° 40)	50.2	15 - 30	No cumple
75 um (N° 200)	16.6	.5 - 15	No cumple

Nota. Se muestra la comparación de los resultados de la calicata 3 (C-03) y parámetros de gradación establecidos por la norma. Fuente: Elaboración propia.

De las tablas 37, 38 y 39 se puede indicar que el material de la base del pavimento flexible de la avenida Don Bosco, obtenido a través de muestras de suelos de las diferentes calicatas no cumplen con los parámetros de gradación B que establece la norma C.E 010 pavimentos urbanos, ya que existen partículas de suelo de tamaño variable que alteran los rangos granulométricos, por lo cual se puede indicar que con respecto al tamaño de la partícula el material base no cumple las condiciones de calidad.

Límites de consistencia de la capa base de la av. Don Bosco

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de los ensayos de límites de consistencias realizados a las muestras sustraídas de las calicatas N°01, N°02 y N°03 para las capas base del pavimento.

Tabla 40

Comparación de los requerimientos del límite líquido e índice de plasticidad.

Ensayo	Calicata C-1	Calicata C-2	Calicata C-3	Límite normativo
	Base	Base	Base	Base
Límite líquido	29%	20%	21%	25%
Índice plástico	10%	2%	4%	4%

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la tabla 40 se puede determinar que el material base que conforma la estructura del pavimento flexible de la avenida Don Bosco, no cumple los requerimientos de calidad de agregado fino, ya que en la norma C.E 010 pavimentos urbanos se establece que los límites permisibles para el índice plástico y el límite líquido son de 4% y 25%, en nuestro caso la calicata N°01 se encuentra fuera de esos rangos ya que el límite líquido es 29% y el índice plástico de 10%. A si mismo se debe indicar que la calicata N°02 y N°03 cumplen con los requisitos de agregado fino establecidos, ya que se tiene un índice plástico de 2% y 4%, mientras que para límite líquido es de 20% y 21%.

Relación de soporte de la avenida Don Bosco (CBR)

Según los ensayos obtenidos en relación de la capacidad de soporte del suelo (CBR), se tienen los siguientes resultados para la subrasante y base de la vía en estudio.

De la tabla 41, podemos comprobar que el material de la base del pavimento flexible existente no cumple los parámetros de resistencia de suelo (CBR), ya que el valor obtenido de los ensayos realizados es de 35.78%, mientras que el mínimo valor normativo es de 80% de CBR.

Tabla 41*Requerimientos de CBR de la base de la avenida Don Bosco.*

Ensayo de relación de soporte de California (CBR)						
Resultados de laboratorio					Requerimientos de la norma para la base granular	Características
Calicata	Densidad seca (g/cm ³)	%MDS	Penetración de CBR	CBR de base		
2	2.149	95	2.54 mm	35.78%	80.00%	No cumple
3						

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos del CBR de la subrasante para las calicatas N°01, N°02 y N°03 fueron de 16.30%, 14.40% y 15.00% como se muestra en la tabla 42, por lo cual se puede determinar que el material subrasante cumple con los requerimientos de la norma C.E 010 pavimentos urbanos así como también del manual de carreteras sección suelos y pavimentos, donde se indica que valores de CBR menores a 6% debe presentarse alguna técnica de mejoramiento del suelo, lo cual no se encontró en el pavimento de la zona de estudio.

Tabla 42*Requerimiento de CBR de la subrasante de la avenida Don Bosco.*

Ensayo de relación de soporte de California (CBR)						
Resultados de laboratorio					Requerimientos normativos para la subrasante	Características
Calicata	Densidad seca (g/cm ³)	%MDS	Penetración de CBR	CBR de base		
1	1.655	95	2.54 mm	16.30%	CBR > 6%	Cumple
2	1.699			14.10%		
3	1.669			15.00%		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Propuesta de diseño del pavimento flexible

Estudio de tráfico

El estudio de tráfico tuvo como finalidad determinar el conteo vehicular de la vía en estudio lo que permitirá diseñar la nueva estructura del pavimento, para ello se estableció tres puntos estratégicos de control, los cuales me permitirá conocer la cantidad de vehículos que transitan sobre la superficie de la avenida Don Bosco.

Imagen 44

Ubicación de estaciones de control de tráfico.




Fuente: Elaboración propia.













Se debe señalar que el conteo vehicular inicio el día jueves 24 de noviembre del 2022 a las 6:00 am, se procedió a ubicarse en la primera estación de control en la intersección de la avenida Don Bosco con la Raúl Mata de la Cruz, la segunda estación de control se ubicó entre las intersecciones de la avenida Marcavelica con Don Bosco, finalmente se ubicó la tercera estación la cual se situó en la avenida Cesar Vallejo intersección con la avenida Don Bosco, donde con los formatos de conteo vehicular realizados se procedió a registrar los tipos de vehículos que circulan por cada hora en la vía en estudio. Cabe resaltar que el conteo vehicular se realizó a lo largo de siete días seguidos de la semana desde el 24 al 30 de noviembre del 2022, donde se registró el conteo de todo tipo de vehículo que circulaba por la vía entre las 06:00 am a 08:00 pm, se debe señalar que se contó con asistentes para realizar el conteo vehicular.

Imagen 45

Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N°01.

	UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS: REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAÚL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA	
RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR SEMANAL - ESTACIÓN N°1	


Responsables:	Espinoza Ramirez Aaron Gallo Rivas Alex	Estación:	Avenida Raúl Mata de la Cruz
Tramo de vía:	Avenida Don Bosco tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo	Codigo:	E1
Ubicación:	Veintiseis de Octubre - Piura -Piura	Fecha de inicio:	Jueves 24/11/2022
		Fecha de termino:	Miercoles 30/11/2022

DIAS DE ESTUDIO DE CONTROL		VEHICULOS LIVIANOS								VEHICULOS PESADOS			
		MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN	
						PICK UP	PANEL	RURAL (COMBI)		2 E	3E	2E	3E
													
JUEVES	24/11/2022	6929	6737	3411	911	1118	153	305	60	494	50	260	102
VIERNES	25/11/2022	7762	7556	4426	1192	1269	212	425	70	772	68	410	153
SABADO	26/11/2022	6385	5579	3846	916	1058	146	342	73	404	57	248	112
DOMINGO	27/11/2022	5029	5142	2980	961	983	142	278	41	172	20	83	26
LUNES	28/11/2022	7630	7225	4306	1066	1279	196	388	111	744	56	413	150
MARTES	29/11/2022	6654	5431	3468	1015	1127	145	330	71	484	64	298	139
MIERCOLES	30/11/2022	7524	6709	4254	1090	1215	191	425	116	712	61	385	149
TOTAL SEMANAL		47,913.00	44,379.00	26,691.00	7,151.00	8,049.00	1,185.00	2,493.00	542.00	3,782.00	376.00	2,097.00	831.00













Fuente: Elaboración propia.

Imagen 46

Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N°02.

	UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS: REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAÚL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA	
RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR SEMANAL - ESTACIÓN N°2	












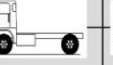

Responsables:	Espinoza Ramirez Aaron Gallo Rivas Alex	Estación:	Avenida Marcavelica E2
Tramo de vía:	Avenida Don Bosco tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo	Codigo:	Jueves 24/11/2022
Ubicación:	Veintiseis de Octubre - Piura -Piura	Fecha de inicio:	Miercoles 30/11/2022
		Fecha de termino:	

DIAS DE ESTUDIO DE CONTROL		VEHICULOS LIVIANOS								VEHICULOS PESADOS			
		MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN	
						PICK UP	PANEL	RURAL (COMBI)		2 E	3E	2E	3E
													
JUEVES	24/11/2022	7631	6421	3413	1002	1080	175	333	69	587	65	316	126
VIERNES	25/11/2022	7608	7630	4691	1124	1331	201	403	82	758	76	411	126
SABADO	26/11/2022	5995	6261	3381	1220	1295	147	336	70	443	59	348	137
DOMINGO	27/11/2022	5224	5101	3098	836	1031	137	277	79	184	42	103	39
LUNES	28/11/2022	7191	7518	4389	1151	1266	194	408	111	674	78	426	128
MARTES	29/11/2022	5676	5407	3466	863	1068	160	337	90	520	63	332	122
MIERCOLES	30/11/2022	7487	7048	4257	1020	1202	190	383	104	763	66	415	142
TOTAL SEMANAL		46,812.00	45,386.00	26,695.00	7,216.00	8,273.00	1,204.00	2,477.00	605.00	3,929.00	449.00	2,351.00	820.00

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 47

Reporte del conteo vehicular semanal de la estación N°03.

 UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL													
TESIS: REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAÚL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA													
RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR SEMANAL - ESTACIÓN N°3													
Responsables: Tramo de vía: Ubicación:		Espinoza Ramirez Aaron Gallo Rivas Alex Avenida Don Bosco tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo Veintiseis de Octubre - Piura -Piura							Estación: Codigo: Fecha de incio: Fecha de termino:		Avenida Cesar Vallejo E3 Jueves 24/11/2022 Miercoles 30/11/2022		
DIAS DE ESTUDIO DE CONTROL		VEHICULOS LIGEROS								VEHICULOS PESADOS			
		MOTO LINEAL	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN	
						PICK UP	PANEL	RURAL (COMBI)		2 E	3E	2E	3E
													
JUEVES	24/11/2022	5913	6978	3314	989	1213	158	329	77	686	68	325	144
VIERNES	25/11/2022	7999	7632	4203	1121	1346	195	393	107	721	74	385	143
SABADO	26/11/2022	6002	5678	3090	890	994	154	366	66	443	71	335	139
DOMINGO	27/11/2022	4608	4432	3190	959	1035	132	330	79	185	61	137	49
LUNES	28/11/2022	7468	6937	4246	1118	1313	179	419	109	720	49	378	127
MARTES	29/11/2022	6025	8407	2439	907	1128	154	367	88	587	71	267	132
MIERCOLES	30/11/2022	7854	7073	4294	1103	1214	189	367	112	766	68	585	166
TOTAL SEMANAL		45,869.00	47,137.00	24,776.00	7,087.00	8,243.00	1,161.00	2,571.00	638.00	4,108.00	462.00	2,412.00	900.00

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice medio diario anual (IMDA)

A partir de los resultados obtenidos del estudio de tráfico se calcula el índice medio diario anual cuyo valor resulta de la división del conteo vehicular en el periodo de una semana entre el número de días de control, dicho resultado se multiplica por un factor de corrección estacional que se estime a través de tablas.

Ecuación 14

Cálculo del índice medio diario anual.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FCE}$$

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

Donde:

IMDA: índice medio diario anual

IMDS: índice medio diario semanal (promedio semanal del conteo vehicular)

FCE: factor de corrección estacional

Para el cálculo del IMDA como muestra la ecuación N°14 resulta fundamental conocer el factor de corrección estacional cuyo valor permite estimar el comportamiento anualizado del tránsito a partir de una unidad de muestra. Para nuestra investigación el factor de corrección estacional para vehículos ligeros y pesados se obtuvo de la estación de peaje Piura – Sullana, donde se determinó que el factor de corrección estacional para el mes de noviembre es de 0.94426 para vehículos ligeros y 0.93632 para vehículos pesados.

Tabla 43

Factor de corrección estacional del peaje Piura – Sullana.

MES	FACTOR DE CORRECCIÓN (FCE)	
	Veh. Ligeros	Veh. Pesados
Septiembre	0.9953	0.9893
Octubre	0.9479	0.9711
Noviembre	0.94426	0.93632
Diciembre	0.7354	0.784

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2019)

Tabla 44

Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 01.

Tipo de vehículo		Periodo semanal							Total, semanal	IMDS (Veh/día)	Cantidad
		Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles			
Vehículos ligeros	Moto lineal	6929	7762	6385	5029	7630	6654	7524	47,913.00	6845	19775
	Mototaxi	6737	7556	5579	5142	7225	5431	6709	44,379.00	6340	
	Auto	3411	4426	3846	2980	4306	3468	4254	26,691.00	3813	
	Station Wagon	911	1192	916	961	1066	1015	1090	7,151.00	1022	
	Pick Up	1118	1269	1058	983	1279	1127	1215	8,049.00	1150	
	Panel	153	212	146	142	196	145	191	1,185.00	170	
	Rural Combi	305	425	342	278	388	330	425	2,493.00	357	
	Micro	60	70	73	41	111	71	116	542.00	78	
Vehículos pesados	Bus 2E	494	772	404	172	744	484	712	3,782.00	541	1014
	Bus 3E	50	68	57	20	56	64	61	376.00	54	
	Camión 2E	260	410	248	83	413	298	385	2,097.00	300	
	Camión 3E	102	153	112	26	150	139	149	831.00	119	
TOTAL									145,489.00	20,789.00	20,789.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 02.

Tipo de vehículo		Periodo semanal							Total, semanal	IMDS (Veh/día)	Cantidad
		Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles			
Vehículos ligeros	Moto lineal	7631	7608	5995	5224	7191	5676	7487	46,812.00	6688	19812
	Mototaxi	6421	7630	6261	5101	7518	5407	7048	45,386.00	6484	
	Auto	3413	4691	3381	3098	4389	3466	4257	26,695.00	3814	
	Station Wagon	1002	1124	1220	836	1151	863	1020	7,216.00	1031	
	Pick Up	1080	1331	1295	1031	1266	1068	1202	8,273.00	1182	
	Panel	175	201	147	137	194	160	190	1,204.00	172	
	Rural Combi	333	403	336	277	408	337	383	2,477.00	354	
	Micro	69	82	70	79	111	90	104	605.00	87	
Vehículos pesados	Bus 2E	587	758	443	184	674	520	763	3,929.00	562	1081
	Bus 3E	65	76	59	42	78	63	66	449.00	65	
	Camión 2E	316	411	348	103	426	332	415	2,351.00	336	
	Camión 3E	126	126	137	39	128	122	142	820.00	118	
TOTAL									146,217.00	20,893.00	20,893.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

Cálculo del índice medio diario semanal de la estación 03.

Tipo de vehículo		Periodo semanal							Total, semanal	IMDS (Veh/día)	Cantidad
		Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles			
Vehículos ligeros	Moto lineal	5913	7999	6002	4608	7468	6025	7854	45,869.00	6553	19644
	Mototaxi	6978	7632	5678	4432	6937	8407	7073	47,137.00	6734	
	Auto	3314	4203	3090	3190	4246	2439	4294	24,776.00	3540	
	Station Wagon	989	1121	890	959	1118	907	1103	7,087.00	1013	
	Pick Up	1213	1346	994	1035	1313	1128	1214	8,243.00	1178	
	Panel	158	195	154	132	179	154	189	1,161.00	166	
	Rural Combi	329	393	366	330	419	367	367	2,571.00	368	
	Micro	77	107	66	79	109	88	112	638.00	92	
Vehículos pesados	Bus 2E	686	721	443	185	720	587	766	4,108.00	587	1127
	Bus 3E	68	74	71	61	49	71	68	462.00	66	
	Camión 2E	325	385	335	137	378	267	585	2,412.00	345	
	Camión 3E	144	143	139	49	127	132	166	900.00	129	
TOTAL									145,364.00	20,771.00	20,771.00

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas 44, 45 y 46 se pudo determinar que la estación de control N°02 presenta mayor incidencia de tráfico vehicular a comparación de las otras dos estaciones, pero al realizar un análisis técnico de las tres estaciones se determinó que la estación de control N°03 presentan una mayor cantidad de ejes equivalentes, esto debido a que dicha estación registra una mayor influencia de vehículos pesados.

A continuación, a partir de los resultados obtenidos del índice medio diario semanal de la tabla 46 (estación N°03) y del factor de corrección estacional determinado en la tabla 43, se procederá a calcular el índice medio diario anual (IMDA) de la vía en estudio.

Tabla 47

Cálculo del índice medio diario anual de la avenida Don Bosco.

TIPO DE VEHICULO		IMDS	FC	IMDA		DISTRIBUCIÓN	
Veh. ligeros	Moto lineal	6553	0.94426	6188	18,552.00	31.56%	94.61%
	Mototaxi	6734	0.94426	6359		32.43%	
	Auto	3540	0.94426	3343		17.05%	
	Station Wagon	1013	0.94426	957		4.88%	
	Pick Up	1178	0.94426	1113		5.68%	
	Panel	166	0.94426	157		0.80%	
	Rural Combi	368	0.94426	348		1.77%	
	Micro	92	0.94426	87		0.44%	
Veh. pesados	Bus 2E	587	0.93632	550	1,057.00	2.80%	5.39%
	Bus 3E	66	0.93632	62		0.32%	
	Camión 2E	345	0.93632	324		1.65%	
	Camión 3E	129	0.93632	121		0.62%	
TOTAL, IMDA				19,609.00	19,609.00	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 48

Distribución del tráfico de la avenida Don Bosco.



Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 47 se pudo determinar que el índice medio diario anual (IMDA) de la avenida Don Bosco es de 19,609 vehículos, donde 18,552 son vehículos ligeros y 1,057 son vehículos pesados, lo que representado en porcentaje nos indica que el 94.61% del tráfico está conformado por vehículos ligeros mientras que el 5.39% por vehículos pesados.

Diseño estructural del pavimento flexible de la avenida Don Bosco

En función de los datos obtenidos del estudio de tráfico y de mecánica de suelos descritos anteriormente, a continuación, realizaremos el diseño estructural del pavimento flexible mediante la metodología AASTHO 93, para lo cual resulta fundamental obtener los siguientes parámetros de diseño:

Número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño (ESAL o W18)

Teniendo en cuenta los datos obtenidos del conteo vehicular y siguiendo los parámetros de diseño establecidos, se procedió a determinar los factores de influencia en el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes, los cuales se encuentran en las tablas 48 y 49.

Tabla 48

Cálculo del factor vehículo pesado para cada tipo de vehículo.

TIPO DE VEHICULO		TIPO DE EJE	TIPO DE RUEDAS	PESO (Tn)	Factor vehículo pesado por eje	Total factor vehículo pesado	
VEHICULO LIVIANO	MOTO LINEAL	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	0.07	0.000000013	0.000000025
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	0.07	0.000000013	
	MOTOTAXI	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	0.07	0.000000013	0.000000163
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	0.13	0.000000151	
	AUTO	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	0.001054033
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	
	STATION WAGON	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	0.001054033
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	
	PICK UP	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	2.00	0.008432265	0.016864530
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	2.00	0.008432265	
	PANEL	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	0.001054033
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	1.00	0.000527017	
	RURAL (COMBI)	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	2.00	0.008432265	0.016864530
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	2.00	0.008432265	
	MICRO	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	2.530733497
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	
BUS	2 E	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	4.503653709
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA DOBLE	11.00	3.238286961	
	3E	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	2.631311297
		2 EJE	EJE TANDEM	EJE RUEDA DOBLE + EJE RUEDA SIMPLE	16.00	1.365944548	
		3 EJE					
CAMIÓN	2E	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	4.503653709
		2 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA DOBLE	11.00	3.238286961	
	3E	1 EJE	EJE SIMPLE	RUEDA SIMPLE	7.00	1.265366749	3.284580203
		2 EJE	EJE TANDEM	2 EJES RUEDAS DOBLES	18.00	2.019213454	
		3 EJE					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

Factores para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes.

Parámetro	Variable	Características
Factor de direccional	Fd	2 calzadas, 2 sentidos, 3 carriles por sentido
Factor carril	Fc	
Periodo de diseño	n	Vida útil del pavimento (años)
Tasa anual de crecimiento de vehículos livianos	r(l)	Crecimiento poblacional
Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados	r(p)	PBI regional
Factor de crecimiento acumulado para vehículos livianos	Fca(l)	$\frac{(1 + r(l))^n - 1}{r(l)}$
Factor de crecimiento acumulado para vehículos pesados	Fca(p)	$\frac{(1 + r(p))^n - 1}{r(p)}$
Factor presión de neumático	Fpi	Capa de rodadura e = 50mm
		Presión de neumático

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL).

Tipo de vehículo	IMDA	Fvp	Fp	Fd	Fc	EE (día - carril)	Fca	Número de días del año	ESAL de diseño
Moto lineal	6188	0.0000000253	1	0.5	0.6	0.00004698	10.40	365	0.178350507
Mototaxi	6359	0.0000001632	1	0.5	0.6	0.00031129	10.40	365	1.181733968
Auto	3343	0.0010540331	1	0.5	0.6	1.05708981	10.40	365	4012.991687
Station Wagon	957	0.0010540331	1	0.5	0.6	0.30261291	10.40	365	1148.798398
Pick Up	1113	0.0168645298	1	0.5	0.6	5.63106649	10.40	365	21377.01345
Panel	157	0.0010540331	1	0.5	0.6	0.04964496	10.40	365	188.4653589
Rural Combi	348	0.0168645298	1	0.5	0.6	1.76065691	10.40	365	6683.917952
Micro	87	2.5307334974	1	0.5	0.6	66.05214428	10.40	365	250751.3594
Bus 2E	550	4.5036537093	1	0.5	0.6	743.10286203	11.59	365	3142514.705
Bus 3E	62	2.6313112967	1	0.5	0.6	48.94239012	11.59	365	206972.9354
Camión 2E	324	4.5036537093	1	0.5	0.6	437.75514054	11.59	365	1851226.844
Camión 3E	121	3.2845802026	1	0.5	0.6	119.23026135	11.59	365	504213.9772
IMDA =	19,609.00					EE (día-carril) =	1,423.88	ESAL DE DISEÑO =	5,989,092.37

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados de la tabla 50 se determinó que el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño (ESAL) de la avenida Don Bosco asciende a un valor de 5,989,092.37 EE. Así mismo se debe señalar que el ESAL obtenido permitirá diseñar la nueva estructura del pavimento flexible.

Confiabilidad (%R) y Desviación estándar normal (Zr)

Tras realizar el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes y siguiendo las recomendaciones establecidas por el manual de carreteras – sección suelos y pavimentos contempladas en la tabla 15 de nuestra investigación, se determinó que el nivel de confiabilidad será del 90% y la desviación estándar normal del -1.282 esto para un ESAL de 5,989,092.37.

Estimación de la desviación estándar combinada (So)

Según lo especificado en nuestro marco teórico, la desviación estándar combinada se toma en concordancia con el tipo de pavimento a diseñar, para nuestro caso al ser un pavimento flexible asumiremos un valor medio de la desviación estándar normal de 0.45.

Valores de la serviciabilidad de diseño

Con respecto a la serviciabilidad de diseño el manual de carreteras sección suelos y pavimentos recomienda valores de serviciabilidad de acuerdo al tráfico, lo cual fue descrito en nuestro marco teórico, en función de ello se determinó una serviciabilidad inicial de 4.0 y una serviciabilidad final de 2.5.

Determinación del módulo de resiliencia (Mr)

A partir de los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos realizado a los puntos de investigación de las calicatas N°1, N°2 y N°3 se determinó el CBR de la subrasante cuyos valores son de 16.30%, 14.1% y 15%, de los valores anteriormente mencionados se obtendrá el CBR de diseño cuyo resultado se determinara siguiendo las recomendaciones de las normas técnicas donde se establece que al tener menos de 6 valores de CBR y cuyos valores sean similares se tomara el valor promedio de estos, aplicando dicho criterio el CBR de la subrasante de diseño de nuestra vía será de 15.13%. Obtenido el valor del CBR se

determinará el módulo de residencia (M_r) aplicando la ecuación 8 descrita en nuestro marco teórico, teniendo como resultado un $M_r = 14,539.49 \text{ lb/plg}^2$.

Tabla 51

Resumen de parámetros de diseño de pavimentos flexibles.

Parámetro	Variable	Valor obtenido
Ejes equivalentes de diseño	W18	5,989,092.37
Confiabilidad	%R	90%
Desviación estándar normal	Zr	-1.282
Serviciabilidad inicial	Pi	4.0
Serviciabilidad final	Pf	2.50
Desviación estándar combinada	So	0.45
CBR	%	15.13
Módulo de resiliencia	Mr	14,539.49

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del número estructural propuesto (SNP)

Finalmente, luego de calcular los parámetros de diseño del pavimento flexible mostrados en la tabla 51, cuya finalidad es obtener el valor del número estructural requerido ($SN_r=3.53$), se calculará el valor del número estructural propuesto a partir de la ecuación 10, para ello se utilizará los valores de coeficientes estructurales de capas de 0.43 para la carpeta asfáltica, 0.13 para la base y 0.12 para la subbase, mientras que para los coeficientes de drenaje se recomienda usar valores de 1.00 y 1.00 para la base y subbase granular. Del resultado obtenido de la comparación del número estructural requerido (SN_r) y del número estructural propuesto (SN_p) se obtendrá los espesores estructurales del pavimento flexible, cuya solución variará de acuerdo al criterio técnico del profesional. De acuerdo a lo anteriormente menciona se muestra a continuación el diseño del paquete estructural del pavimento flexible.

Imagen 49

Espesores estructurales del pavimento flexible de la avenida Don Bosco.

TESIS: "REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA"					
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASTHO 1993					
1. REQUISITOS DEL DISEÑO					
a. PERIODO DE DISEÑO AÑOS (t) :					10.00
b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18) :					5.99E+06
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi) :					4.00
d. SERVICIABILIDAD FINAL (Pt) :					2.50
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (%R) :					90%
f. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) :					-1.282
g. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA DE (So) :					0.45
2. PROPIEDADES DE MATERIALES					
a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR AL 80% (Mrg)					42.21
b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE 40% (Mrsb)			Mr= 2555 x CBR ^0.64		27.08
c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr)					14.54
Cbr subrasante = 15.13 %					
3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)					
$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.14}}} + 2.32 \log(M_R) + 0.87$					
SN Requerido	G _t		N18 NOMINAL	I18 CALCULO	
3.72	-0.25527		6.78	6.78	
ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO					
a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA					
Carpeta asfáltica para todo los tipos de tráfico (a1)					0.43
Base granular recomendada para tráfico < 10,000,000 EE (a2)					0.13
Subbase granular recomendada para todo tipo de tráfico (a3)					0.12
b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA					
Base granular (m2)					1.00
Subbase (m3)					1.00
CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE					
A partir de la siguiente ecuación se determinara los espesores estructurales del pavimento flexible:					
$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3$					
ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	CA D1(cm)	Bg D2(cm)	Sbg D3(cm)
1.00	3.72	3.83	6	25	32.5
2.00	3.72	4.33	7.5	27.5	35

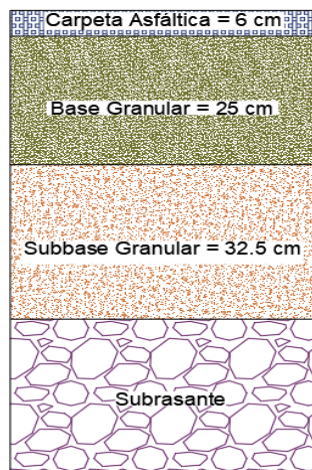
Fuente: Elaboración propia.

A partir del diseño de pavimento mostrado en la imagen 49, se determinó dos alternativas para el nuevo paquete estructural de la avenida Don Bosco, como se describe a continuación:

Alternativa 01: carpeta de rodadura asfáltica de 6.00 cm, base granular de 25.00 cm y subbase granular de 32.5 cm.

Imagen 50

Descripción del paquete estructural para el pavimento flexible – opción 01.

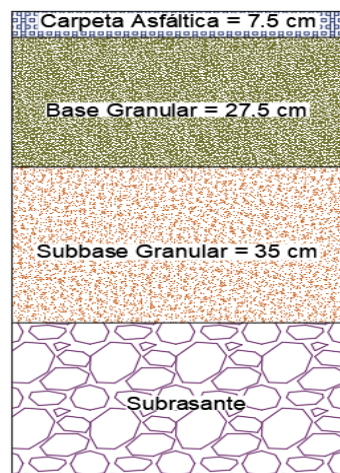


Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 02: carpeta de rodadura asfáltica de 7.50 cm, base granular de 27.50 cm y subbase granular de 35.00 cm.

Imagen 51

Descripción del paquete estructural para el pavimento flexible – opción 02.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Propuesta económica de rehabilitación del pavimento

La propuesta de rehabilitación del pavimento flexible se obtuvo teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de superficial de la avenida Don Bosco, donde se identificó que existen dos secciones que se encuentran en condiciones desde malas hasta falladas, la primera sección está comprendida entre las progresivas 0+168 hasta la 0+532 del tramo 01 y la segunda entre las progresivas 1+680 hasta la 2+044 del tramo 02 como se muestra en las tablas N°28 y 29. A partir de estos resultados y en correlación con el tipo de intervención a ejecutar establecido en las tablas N°20 se determinó que la vía en estudio necesita una rehabilitación.

Por lo tanto, en las secciones del pavimento antes mencionadas se ha planteado un nuevo diseño estructural del pavimento flexible tomando en cuenta los estudios de tráfico y de mecánica de suelos realizados, así mismo se debe señalar que se ha determinado la ejecución de un mantenimiento vial, para las secciones indicadas en las tablas 33 y 34 del pavimento en estudio. De lo anterior indicado se ha planteado una propuesta técnica económica de rehabilitación y mantenimiento para lo cual se ha realizado metrados, análisis de costos unitarios y un presupuesto teniendo en cuenta los precios de la construcción para el mes de abril del 2023.

Es necesario señalar que el presupuesto de rehabilitación y mantenimiento tendrá la estructura de costos de una obra por contrata, por lo cual se han tenido en cuenta los precios de mano de obra vigentes, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 52

Tabla salarial de mano de obra para construcción civil 2022 - 2023

Descripción	Operario	Oficial	Peón
Remuneración básica vigente (RB)	80.50	63.15	56.80
Bonificación unificada de construcción	25.76	18.95	17.04
Leyes y beneficios sociales sobre la RB	91.73	71.96	64.72
Leyes y beneficios sociales sobre el BUC	3.09	2.27	2.04
Bonificación por movilidad	8.00	8.00	8.00
Overol (2 unidades anuales)	0.43	0.43	0.43
Costo día hombre (DH)	209.51	164.76	149.03
Costo hora hombre (HH)	26.19	20.60	18.63

Fuente: (Federación de trabajadores en construcción civil del Perú, 2022).

A continuación, se presentan los metrados y presupuesto para la rehabilitación y mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Don Bosco:

Tabla 53

Resumen de metrados de rehabilitación y mantenimiento – Alternativa 01.

TESIS: "REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA"					
RESUMEN DE METRADOS - REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (OPCION 01)					
AUTORES		ESPINOZA RAMIREZ AARON GALLO RIVAS ALEX	LUGAR	PIURA - PIURA - VEINTISEIS DE OCTUBRE	
PARTIDA	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	METRADO
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES				
01.01.00	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60 X 2.40 m			UND	1.00
01.02.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			GLB	1.00
02.00.00	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				
02.01.00	SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA			GLB	1.00
02.02.00	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL			GLB	1.00
03.00.00	PLAN COVID 19				
03.01.00	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN FRENTE A LA COVID 19				
03.01.01	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL FRENTE A LA PROPAGACIÓN DEL COVID 19			GLB	1.00
04.00.00	REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV DON BOSCO TRAMO 01 PROGRESIVA 0+168 - 0+532 Y TRAMO 02 PROGRESIVA 1+680 - 2+044.				
04.01.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DE OBRA			M2	7407.75
04.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	CORTE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE A NIVEL DE SUBRASANTE			M3	4703.92
04.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE			M3	5879.90
04.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE			M2	7407.75
04.03.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
04.03.01	SUB BASE GRANULAR E= 32.5 CM			M3	2407.52
04.03.02	BASE GRANULAR E=25 CM			M3	1851.94
04.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA			M2	7407.75
04.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6 CM			M2	7407.75
05.00.00	MANTENIMIENTO VIAL DEL PAVIMENTO DE LA AV. DON BOSCO				
05.01.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.01.01	TRAZO Y CORTE PARA LA DEMOLICION DEL PAVIMENTO ASFALTICO			M2	24.58
05.01.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			M2	24.58
05.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA DEMOLICION			M3	1.54
05.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	CORTE DE MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO EXISTENTE			M3	4.65
05.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE DE MATERIAL GRANULAR			M3	5.81
05.03.00	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
05.03.01	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CALZADA			M	6.78
05.03.02	PARCHADO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS			M2	9.08
05.03.03	PARCHADO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS			M2	15.50
05.03.04	RIEGO DE LIGA			M2	24.58
05.03.05	SELLO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)			M2	34356.00
06.00.00	VARIOS				
06.01.00	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS DISCONTINUAS			M2	150.00
06.02.00	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS PEATONALES Y FLECHAS DIRECCIONALES			M2	801.36
06.03.00	LIMPIEZA FINAL DE OBRA			M2	42000.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54

Presupuesto de rehabilitación y mantenimiento – Alternativa 01.

Presupuesto					
Presupuesto	0203001 REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA (ALT1)				
Subpresupuesto	001 REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA (ALT1)				
Cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO				costo al 04/04/2023
Lugar	PIURA - PIURA - PIURA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,250.00
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und	1.00	1,750.00	1,750.00
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	3,500.00	3,500.00
02	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				5,622.50
02.01	SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	glb	1.00	2,135.00	2,135.00
02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.00	3,487.50	3,487.50
03	PLAN COVID				3,656.00
03.01	PLAN DE IMPLEMENTACION FRENTE A LA COVID 19				3,656.00
03.01.01	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL FRENTE A LA PROPAGACIÓN DEL COVID 19	glb	1.00	3,656.00	3,656.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE AV DON BOSCO TRAMO 01 PROGRESIVA 0+168 - 0+532 Y TRAMO 02 PROGRESIVA 1+680 - 2 +044				1,006,728.42
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				21,704.71
04.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DE OBRA	m2	7,407.75	2.93	21,704.71
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				193,823.93
04.02.01	CORTE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4,703.92	9.89	46,521.77
04.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE	m3	5,879.90	18.74	110,189.33
04.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	7,407.75	5.01	37,112.83
04.03	PAVIMENTO FLEXIBLE				791,199.78
04.03.01	SUB BASE GRANULAR E=32.5 cm	m3	2,407.52	54.06	130,150.53
04.03.02	BASE GRANULAR E = 25 cm	m3	1,851.94	62.43	115,616.61
04.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	7,407.75	6.57	48,668.92
04.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6 CM	m2	7,407.75	67.06	496,763.72
05	MANTENIMIENTO VIAL DEL PAVIMENTO DE LA AV. DON BOSCO				306,473.24
05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				381.09
05.01.01	TRAZO Y CORTE PARA LA DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO ASFALTICO	m2	24.58	9.62	236.46
05.01.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO	m3	24.58	4.71	115.77
05.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA DEMOLICIÓN	m3	1.54	18.74	28.86
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				154.87
05.02.01	CORTE DE MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO EXISTENTE	m3	4.65	9.89	45.99
05.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE DE MATERIAL GRANULAR	m3	5.81	18.74	108.88
05.03	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				305,937.28
05.03.01	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CALZADA	m	6.78	5.42	36.75
05.03.02	PARCHADO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFALTICOS	m2	9.08	98.97	898.65
05.03.03	PARCHADO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	m2	15.50	119.13	1,846.52
05.03.04	RIEGO DE LIGA	m2	24.58	5.51	135.44
05.03.05	SELLADO ASFALTICO (SLURRY SEAL)	m2	34356.00	8.82	303,019.92
06	VARIOS				135,707.15
06.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS DISCONTINUAS	m2	150.00	26.86	4,029.00
06.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS PEATONALES Y FLECHAS DIRECCIONALES	m2	801.36	28.05	22,478.15
06.03	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	42,000.00	2.60	109,200.00
	COSTO DIRECTO				1,463,437.31
	GASTOS GENERALES 8.7185%				127,589.78
	UTILIDAD 7.5%				109,757.80
	SUBTOTAL				1,700,784.89
	IGV 18%				306,141.28
	VALOR REFERENCIAL				2,006,926.17
	SON : UN MILLON CUATROCIENTOS SESENTITRES MIL CUATROCIENTOS TRENTISIETE Y 31/100 NUEVOS SOLES				

Fuente: Elaboración propia.

Para la alternativa 01 de rehabilitación y mantenimiento, el costo directo asciende a S/ 1,463,437.31 soles, el monto de desagregado de gastos generales es S/

127,589.78 soles, mientras que la utilidad se estableció un porcentaje del 7.5% cuyo monto con respecto al costo directo asciende S/ 109,757.80 soles. Respecto al valor referencial se tiene un costo de S/ 2,006,926.17 soles.

Tabla 55

Resumen de metrados de rehabilitación y mantenimiento – Alternativa 02.

TESIS: "REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA"					
RESUMEN DE METRADOS - REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (OPCION 02)					
AUTORES		ESPINOZA RAMIREZ AARON GALLO RIVAS ALEX	LUGAR	PIURA - PIURA - VEINTISEIS DE OCTUBRE	
PARTIDA	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	METRADO
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES				
01.01.00	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60 X 2.40 m			UND	1.00
01.02.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			GLB	1.00
02.00.00	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				
02.01.00	SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA			GLB	1.00
02.02.00	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL			GLB	1.00
03.00.00	PLAN COVID 19				
03.01.00	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN FRENTE A LA COVID 19				
03.01.01	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL FRENTE A LA PROPAGACIÓN DEL COVID 19			GLB	1.00
04.00.00	REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV DON BOSCO TRAMO 01 PROGRESIVA 0+168 - 0+532 Y TRAMO 02 PROGRESIVA 1+680 - 2+044.				
04.01.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DE OBRA			M2	7407.75
04.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	CORTE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE A NIVEL DE SUBRASANTE			M3	5185.43
04.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE			M3	6481.78
04.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE			M2	7407.75
04.03.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
04.03.01	SUB BASE GRANULAR E=35 CM			M3	2592.71
04.03.02	BASE GRANULAR E=27.5 CM			M3	2037.13
04.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA			M2	7407.75
04.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 7.5 CM			M2	7407.75
05.00.00	MANTENIMIENTO VIAL DEL PAVIMENTO DE LA AV. DON BOSCO				
05.01.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.01.01	TRAZO Y CORTE PARA LA DEMOLICION DEL PAVIMENTO ASFALTICO			M2	24.58
05.01.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			M2	24.58
05.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA DEMOLICION			M3	1.54
05.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	CORTE DE MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO EXISTENTE			M3	4.65
05.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE DE MATERIAL GRANULAR			M3	5.81
05.03.00	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
05.03.01	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CALZADA			M	6.78
05.03.02	PARCHADO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS			M2	9.08
05.03.03	PARCHADO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS			M2	15.50
05.03.04	RIEGO DE LIGA			M2	24.58
05.03.05	SELLO ASFALTICO (SLURRY SEAL)			M2	34356.00
06.00.00	VARIOS				
06.01.00	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS DISCONTINUAS			M2	150.00
06.02.00	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS PEATONALES Y FLECHAS DIRECCIONALES			M2	801.36
06.03.00	LIMPIEZA FINAL DE OBRA			M2	42000.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56

Presupuesto de rehabilitación y mantenimiento – Alternativa 02.

Presupuesto					
Presupuesto	203002 REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA DON BOSCO, TRAMO RAUL MATA DE LA CRUZ Y CESAR				
Cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO				Costo al 04/04/2023
Lugar	PIURA - PIURA - PIURA				
Item	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,250.00
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und	1.00	1,750.00	1,750.00
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	3,500.00	3,500.00
02	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				5,622.50
02.01	SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	glb	1.00	2,135.00	2,135.00
02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.00	3,487.50	3,487.50
03	PLAN COVID				3,656.00
03.01	PLAN DE IMPLEMENTACION FRENTE A LA COVID 19				3,656.00
03.01.01	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL FRENTE A LA PROPAGACIÓN DEL COVID 19	glb	1.00	3,656.00	3,656.00
04	PAVIMENTO FLEXIBLE AV DON BOSCO TRAMO 01 PROGRESIVA 0+168 - 0+532 Y TRAMO 02 PROGRESIVA 1+680 - 2 +044				1,044,342.57
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				21,704.71
04.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DE OBRA	m2	7,407.75	2.93	21,704.71
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				209,865.29
04.02.01	CORTE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	5,185.43	9.89	51,283.90
04.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE	m3	6,481.78	18.74	121,468.56
04.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	7,407.75	5.01	37,112.83
04.03	PAVIMENTO FLEXIBLE				812,772.57
04.03.01	SUB BASE GRANULAR E=35 cm	m3	2,592.71	54.06	140,161.90
04.03.02	BASE GRANULAR E=27.5 cm	m3	2,037.13	62.43	127,178.03
04.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	7,407.75	6.57	48,668.92
04.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 7.5 cm	m2	7,407.75	67.06	496,763.72
05	MANTENIMIENTO VIAL DEL PAVIMENTO DE LA AV. DON BOSCO				306,136.80
05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				381.09
05.01.01	TRAZO Y CORTE PARA LA DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO ASFALTICO	m2	24.58	9.62	236.46
05.01.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO	m2	24.58	4.71	115.77
05.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE LA DEMOLIC	m3	1.54	18.74	28.86
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				154.87
05.02.01	CORTE DE MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO EXISTENTE	m3	4.65	9.89	45.99
05.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DEL CORTE DE MATERIAL GRANULAR	m3	5.81	18.74	108.88
05.03	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				305,600.84
05.03.01	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CALZADA	m	6.78	5.42	36.75
05.03.02	PARCHADO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFALTICOS	m2	9.08	87.37	793.32
05.03.03	PARCHADO PROFUNDO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	m2	15.50	104.22	1,615.41
05.03.04	RIEGO DE LIGA	m2	24.58	5.51	135.44
05.03.05	SELLADO ASFALTICO (SLURRY SEAL)	m2	34,356.00	8.82	303,019.92
06	VARIOS				135,707.15
06.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO-LINEAS DISCONTINUAS	m2	150.00	26.86	4,029.00
06.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO - LINEAS PEATONALES Y FLECHAS	m2	801.36	28.05	22,478.15
06.03	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	42,000.00	2.60	109,200.00
	COSTO DIRECTO				1,500,715.02
	GASTOS GENERALES 8.9222%				133,896.80
	UTILIDAD 7.5%				112,553.63
	SUBTOTAL				1,747,165.45
	IGV 18%				314,489.78
	VALOR REFERENCIAL				2,061,655.23
	VALLEJO - DEPARTAMENTO DE PIURA (ALT2)				

Fuente: Elaboración propia.

Para la alternativa 02 de rehabilitación y mantenimiento, el costo directo asciende a S/ 1,500,715.02 soles, el monto de desagregado de gastos generales es S/. 133,896.80 soles, mientras que la utilidad se estableció un porcentaje del 7.5% cuyo monto con respecto al costo directo asciende S/ 112,553.63 soles. Respecto al valor referencial se tiene un costo de S/ 2,061,655.23 soles.

4.2 Docimasia de hipótesis

Hipótesis: La elaboración de una propuesta de mejoramiento permitirá rehabilitar el pavimento flexible de la avenida Don Bosco entre el tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo en el departamento de Piura.

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación del pavimento flexible, se elaboró una propuesta de rehabilitación, la cual consiste en reconstruir la vía entre el tramo I (progresivas 0+168 a 0+532) y el tramo II (progresivas 1+680 a 2+044), lo que se lograra mediante la colocación de un nuevo paquete estructural de pavimento flexible. Se debe señalar que las consideraciones técnicas para el nuevo espesor del pavimento se muestran en la imagen N°49 la cual resulta del análisis y resultados del estudio de tráfico y de suelos. Cabe resaltar que para las demás secciones (unidades de muestreo) del tramo I y II de la zona en estudio se planteó la ejecución de un mantenimiento vial, tal como se muestra en las tablas 33 y 34.

Finalmente se determina que la hipótesis planteada en nuestra investigación es válida ya que con una propuesta de mejoramiento mediante sustitución y mantenimiento del pavimento existente se podrá rehabilitar la avenida Don Bosco.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la evaluación superficial del pavimento, permiten establecer que la aplicación de la metodología PCI es sumamente importante para obtener indicadores de la condición del pavimento, así también lo comprueba Cueva y Tume en el 2018 donde en su investigación se determinó que al aplicar la metodología del PCI se obtienen valores muy próximos a la condición real del pavimento, lo que coincide con nuestra investigación de estudio ya que al tener valores más bajos de condición del pavimento la vía presenta mayores daños superficiales.

Respecto a la condición estructural del pavimento se puede determinar que un pavimento que no cumple las condiciones de calidad necesarias no se comportara de acuerdo a lo diseñado así lo señala Carrera y Dávila (2019) en su investigación de evaluación del pavimento flexible para proponer una rehabilitación. En nuestro caso la afirmación señalada por los autores anteriormente mencionados se considera valida, ya que, al no cumplir las características técnicas del proyecto durante el proceso constructivo, no se garantiza su vida útil, lo cual se vio reflejado en la baja capacidad de soporte de la base granular de nuestra vía cuyo valor es de 35.78% mientras que las exigencias mínimas de las normas de diseño establecen como valor permisible un 80% de CBR del material.

A si mismo Larios y Mendoza (2021) establecen que para realizar un diseño estructural del pavimento se deben realizar estudios de tráfico y de mecánica de suelos, así como también cumplir con las exigencias requeridas por las normas de diseño de pavimentos, en base a los puntos mencionados anteriormente los autores determinaron los siguientes espesores estructurales: 7.5 cm para la carpeta asfáltica, 20 cm para la base y 20 cm para la subbase granular. En nuestro caso se considera valida su afirmación ya que para realizar el diseño de un pavimento resulta fundamental definir las variables de tráfico y suelo, en base a lo mencionado y de acuerdo a las normas de diseño se han planteado dos propuestas de pavimento flexible, la primera consta de 6 cm de carpeta asfáltica, 25 cm de base y 32.5 de subbase, mientras que en la segunda opción se determinó una carpeta asfáltica del 7.5 cm, una base de 27.5 y una subbase granular de 35 cm.

En resumen, en base a los hallazgos encontrados en cada proyecto y en relación al nuestro se establece que nuestra investigación está realizada correctamente.

CONCLUSIONES

- La propuesta de rehabilitación y mantenimiento del pavimento flexible se elaboró teniendo en cuenta los resultados de la evaluación del pavimento, así como los ensayos de laboratorio que fueron determinantes para obtener el CBR de diseño, con los criterios anteriormente mencionados más la variable del tráfico se pudo establecer un nuevo paquete estructural de pavimento para un área de rehabilitación de 7407.75 m², así mismo con los resultados del PCI se determinó que existe un área de mantenimiento de 34,356.00 m², se debe señalar que para el área de rehabilitación y mantenimiento se ha establecido un costo de inversión para su ejecución.
- Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible aplicando la metodología del PCI en la avenida Don Bosco, se determinó que el estado de conservación del pavimento requiere un mantenimiento periódico en ambas calzadas, así mismo existen dos secciones críticas ubicadas entre las progresivas 0+168 a 0+532 (tramo I) y 1+680 a 2+044 (tramo II) las cuales presentan condiciones de malas a falladas, por lo cual, de acuerdo al PCI se establece que el tipo de intervención a realizar es una rehabilitación de pavimento.
- A través del registro exploratorio del pavimento mediante calicatas, se analizó la composición del pavimento, donde se pudo determinar que la calicata N°1 tiene un paquete estructural de 30 cm, la calicata N°2 de 40 cm, mientras que en la calicata N°3 de 25 cm. Así mismo mediante los ensayos de resistencia del suelo se definió que se tiene valores de CBR de 16.30%, 14.10% y 15.00% para la subrasante del pavimento la cual se clasificó como buena. Respecto a los límites de consistencia de la base granular de la calicata N°1 no se cumple los requisitos mínimos estipulados por la norma ya que el límite líquido y el índice de plasticidad tienen valores de 29% y 10%, mientras que normativamente se establecen valores máximos de 25% y 4%, en el caso de las calicatas N°2 y N° 3 se determinó que ambas cumplen los límites normativos como se muestra en la tabla 40. Del mismo modo al analizar los requerimientos granulométricos de la calicata N°1, N°2 y N°3 se concluyó que no se cumplen los parámetros de gradación normativos, así mismo se evidenció un CBR de base de 35.78% mientras

que las normas de diseño establecen una resistencia mínima de 80% de CBR para las bases granulares.

- Mediante la aplicación de la metodología AASTHO 93 y en base a las normas de diseño de pavimentos de nuestro país se realizó una propuesta de diseño de para la avenida Don Bosco, la cual consta de un nuevo paquete estructural de pavimento flexible con las siguientes características: 6 cm de carpeta asfáltica, 25 cm de base granular y 32.5 cm para la subbase granular, lo que determinara un espesor total de pavimento de 63.5 cm.
- La propuesta de mejoramiento del pavimento se realizó en base a un análisis técnico económico, ya que se planteó dos alternativas de diseño estructural para la rehabilitación como se muestra en la imagen 49, de igual forma se estableció un mantenimiento vial para las demás secciones del pavimento del tramo I y II lo cual se realizara mediante un sello asfáltico (Slurry Seal), del área de rehabilitación y mantenimiento se determinó un costo de inversión, pero por condiciones económicas se escogerá la alternativa 01 cuyo espesor es de pavimento es de 63.5 cm y tiene un costo de rehabilitación y mantenimiento de S/ 2,006,926.17 soles. Se debe señalar que la alternativa N°01 cumplen con los parámetros técnicos y económicos para su ejecución.

RECOMENDACIONES

- Para realizar la rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Don Bosco se deberá tener en cuenta las características técnicas estipuladas en esta investigación, así como las condiciones de calidad establecidas en el manual de carreteras sección suelos y pavimentos y en el manual de ensayos de materiales del ministerio de transportes y comunicaciones.
- Se recomienda que para la ejecución un mantenimiento vial del pavimento de la zona en estudio se deberá tener en cuenta las condiciones de calidad de los materiales, así como lo estipulado en el manual carreteras mantenimiento o conservación vial.
- Plantear un diseño de sistema de drenaje pluvial a lo largo de la avenida Don Bosco, lo que permitirá evacuar adecuadamente las aguas pluviales en tiempos de lluvias.
- A los gobiernos locales y regionales se recomienda ejecutar actividades de conservación de pavimentos lo que permitirá alargar su vida útil y a su vez mantener las condiciones de funcionalidad adecuadas.
- Implementar la norma C.E 010 pavimentos urbanos ya que esta es muy limitada respecto al contenido del diseño, evaluación y de conservación de pavimentos, lo cual genera su mala aplicación, teniendo como resultados pavimentos urbanos en pésimas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, A., & Sánchez, P. (2018). *Evaluación de la condición del pavimento del sector el Valle y su marco sostenible [Tesis de titulación, Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30292>
- By Alicaresp. (14 de enero de 2019). *CONCEPTOS BÁSICOS DE PAVIMENTO RÍGIDO*. Obtenido de INGENIERÍA CIVIL: <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- Carreteras Pan-Americana. (23 de enero de 2019). *Colombia solo tiene el 13.61% de la red vial primaria en muy buen estado*. Obtenido de Carreteras Pan-Americana: <https://www.carreteras-pa.com/noticias/colombia-solo-tiene-el-13-61-de-la-red-vial-primaria-en-muy-buen-estado/>
- Correa, M., & Carpio, L. d. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura [Tesis de titulación, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4162/ICI_287.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (mayo de 2009). *Manual de evaluación de pavimentos*. Obtenido de APORTE A LA INGENIERÍA CIVIL: <https://aportealaingcivil.blogspot.com/2016/11/manual-de-evaluacion-de-pavimentos.html>
- Cueva, L., & Tume, L. (2021). *Evaluación del pavimento flexible aplicando la metodología PCI, en la avenida las Casuarinas de la urbanización Santa María del Pinar de la ciudad de Piura [Tesis de titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/8049>
- Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2018). *Manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial*. Obtenido de Manuales de carreteras del MTC: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-08-

14%20Mantenimiento%20o%20Conservacion%20y%20Parte_4_Mant_Rutinario_Caminos_Vecinales_GL_OK.pdf

Federación de trabajadores en construcción civil del Perú. (2022). *NUEVA TABLA SALARIAL DEL SECTOR CONSTRUCCION PERIODO 2022-2023*. Obtenido de Revista de consultoria: <https://revistadeconsultoria.com/nueva-tabla-salarial-del-sector-construccion-periodo-2022-2023/>

Garcès, D. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues- Cojitambo- Deleg- La Raya [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28556>

Google Earth Pro. (15 de Abril de 2022). *Avenida don Bosco, tramo Raúl Mata de la Cruz y Cesar Vallejo*. Obtenido de Google Earth Pro.

IngeCivil. (11 de agosto de 2018). *Tipos de pavimentos*. Obtenido de IngeCivil: <https://www.ingecivil.net/2018/08/11/tipos-de-pavimentos/>

Jugo, A. (2005). *MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. Obtenido de Library: <https://1library.co/document/y6250eoz-mantenimiento-rehabilitacion-pavimentos-flexibles-acciones-basicas-version-revisada.html>

Larios, F., & Mendoza, R. (2021). *Rehabilitación del pavimento flexible de la avenida Salvador Lara, Trujillo 2021 [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79608>

Martinez, G. (2 de abril de 2020). *Ingeniería y Construcción*. Obtenido de Ingeniería y Construcción: <https://www.ingenieriyconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>

Menéndez, J. (diciembre de 2009). *Ingeniería de pavimentos, materiales, diseño y conservación*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/378106092/4-Ingenieria-de-Pavimentos-Materiales-Diseno-Y-Conservacion-Jose-Rafael-Menendez-Acurio-1ra-Edicion#>

- Ministerio de obras públicas. (2022). *Red vial nacional, dimensionamiento y características*. Obtenido de Dirección de vialidad del MOP: https://vialidad.mop.gob.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/Red_Vial_Nacional_Dimensionamiento_y_Caracteristicas_2021.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (09 de abril de 2014). *Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos*. (E. L. 2016, Ed.) Obtenido de Manuales de carreteras del MTC: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (03 de junio de 2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Obtenido de Manuales de carreteras del MTC: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-06-16%20Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (30 de Abril de 2019). *Ficha Técnica Estándar para Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas*. Obtenido de Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/345336-ficha-tecnica-estandar-para-formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-de-inversion-de-carreteras-interurbanas>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (21 de diciembre de 2022). *Infraestructura de la Red Vial Vecinal del SINAC, según departamento y provincia*. Obtenido de Estadística - Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (13 de enero de 2010). *Norma técnica de edificación CE.010 pavimentos urbanos*. Obtenido de Reglamento nacional de edificaciones: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

- Olarte, N. A. (2021). *academia.edu*. Obtenido de academia.edu: https://www.academia.edu/33909515/EVALUACION_ESTRUCTURAL_DE_PAVIMENTOS_FLEXIBLES_PAVIMENTO_FLEXIBLE
- Oses, O. (24 de Mayo de 2008). *¿Por qué se originan fallas en el pavimento?* Obtenido de Polilift: <http://polilift.com/2018/05/24/se-originan-fallas-en-pavimento/>
- Rocas y Minerales. (2016). *Pavimento*. Obtenido de Rocas y Minerales: <https://www.rocasyminales.net/pavimento/>
- Silva, J. (2019). *Evaluación visual y estructural del pavimento flexible de la urbanización los jardines, Barranca-2017 [Tesis de titulación, Universidad Santiago Antùnez de Mayolo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3654>
- Thenoux, G., & Gaete, R. (27 de diciembre de 2011). *Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico*. Obtenido de Pontificia universidad católica de Chile, escuela de ingeniería: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/364/306>
- Vásquez, L. (febrero de 2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*. Obtenido de studocu: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-alas-peruanas/redaccion-de-tesis-i/manual-metodo-pci-ingepav/29636643>
- Vise. (2021). *FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO*. Obtenido de VISE: <https://blog.vise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>

ANEXOS.

ANEXO N° 1. PANEL FOTOGRÁFICO DE REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	149
ANEXO N° 2. FORMATO DE REGISTRO DE FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. DON BOSCO, TRAMO RAÚL MATA LA CRUZ Y CESAR VALLEJO.....	202
ANEXO N° 3. CURVAS NOMOGRÁFICAS DEL VALOR DEDUCIDO DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	229
ANEXO N° 4. FORMATO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).....	250
ANEXO N° 5. PANEL FOTOGRÁFICO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE CALICATAS.....	277
ANEXO N° 6. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	284
ANEXO N° 7. PANEL FOTOGRÁFICO DEL CONTEO VEHICULAR.....	358
ANEXO N° 8. FORMATOS DE CONTEO VEHICULAR.....	365
ANEXO N° 9. PLANILLA DE METRADOS.....	387
ANEXO N° 10. PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN.....	398
ANEXO N° 11. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	401
ANEXO N° 12. RELACIÓN DE INSUMOS.....	410
ANEXO N° 13. PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	413
ANEXO N° 14. PERMISOS MUNICIPALES.....	418
ANEXO N° 15. PLANOS.....	422