



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE
WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE
GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE
WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE
GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:

Mgr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. WILFREDO DAVID SUPTO PACORI

ASESOR DE TESIS

:

Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 661-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 8748 presentado por el (la) Bachiller: ELMER VENTURA CONTRERAS estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE, la misma que pertenece a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * Presidente : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
* 1er Miembro : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
* 2do Miembro : Ing. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: ELMER VENTURA CONTRERAS; del informe final de la investigación (tesis) titulado: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * FECHA : Miércoles 24 de julio del 2024
* HORA : 11:00 a.m.
* LUGAR : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Signature of Milthon Quispe Huanca, Decano, CIR. 47790



Signature of Efrain Parillo Sosa, Director of the Unit of Investigation

cc: Archivo interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 325-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de mayo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 5339 por el o (la) Bachiller: **ELMER VENTURA CONTRERAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 370 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 050 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: **ELMER VENTURA CONTRERAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. **Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 050 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO - APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ELMER VENTURA CONTRERAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
DR. MILTON QUISPE JUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
DR. EFRAIN PARILLO SOSA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 135-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 08 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-03619, presentado por el señor (a) **ELMER VENTURA CONTRERAS** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 134 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 44-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **ELMER VENTURA CONTRERAS** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. **Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 44-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ELMER VENTURA CONTRERAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINO "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINO "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Elmer Ventura Contreras
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43538390
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-0509-1617
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Wilfredo David Supo Pacori
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02428673
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: El Collao Distrito: Ilave Latitud: S 16° 04' 57" Longitud: O 69° 38' 29"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/fQ58MGhYJXUgJ8zw6</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 - Julio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04



Dr. Efraín Canjilio Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ELMER VENTURA CONTRERAS, identificado con DNI Nro. 43538390, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 20 de junio del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes siempre han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación. Gracias por su amor incondicional, por su confianza y por haberme brindado siempre las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Su sacrificio y esfuerzo me inspiran cada día a seguir adelante con determinación y esperanza.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a este proceso, gracias por su apoyo, consejos y tiempo. A mis amigos, colegas y asesores, su ayuda y orientación fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Este logro es, en gran parte, el reflejo de su aliento constante.



AGRADECIMIENTO

Por dirigirme a través de todas y cada una de las etapas de este proceso, doy gracias a Dios, fuente de todo conocimiento y poder. Le agradezco que me haya brindado la oportunidad de adquirir conocimientos, desarrollar mis habilidades y cumplir mi objetivo. Es gracias a su presencia en mi vida que he podido alcanzar la tranquilidad y resolución que necesito para triunfar sobre los obstáculos que se me han puesto por delante.

A mis padres, que son la bendición más maravillosa de mi vida. Les estoy agradecido por su amor inquebrantable, por los sacrificios que han hecho y por el apoyo inquebrantable que me han mostrado. Contar con el apoyo y la confianza que han depositado en mí me ha proporcionado la motivación esencial para seguir adelante, incluso cuando las cosas son realmente difíciles. Mi logro es igualmente suyo, ya que, si no fuera por ellos, no sería la persona que soy hoy.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	13
1.2	Planteamiento del problema	14
1.2.1	Problema general	14
1.2.2	Problemas específicos	14
1.3	Objetivos de la investigación	14
1.3.1	Objetivo general	14
1.3.2	Objetivos específicos	15
1.4	Justificación de la investigación	15
1.4.1	Justificación técnica.....	15
1.4.2	Justificación económica	15
1.4.3	Justificación social.....	16
1.4.4	Justificación ambiental	16
1.5	Hipótesis de la investigación	17
1.5.1	Hipótesis general	17
1.5.2	Hipótesis específicas.....	17



1.6	Variables e indicadores	17
1.6.1	Variable de caracterización	17
1.6.2	Variable de interés	17
1.7	Operacionalización de variables	18

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	19
2.1.1	Antecedentes internacionales	19
2.1.2	Antecedentes nacionales	21
2.1.3	Antecedentes regionales	23
2.2	Bases teóricas	25
2.2.1	Pavimento	25
2.2.2	Pavimento flexible	28
2.2.2.1	Asfalto	30
2.2.2.2	Componentes de un pavimento flexible	31
2.2.3	Evaluación del pavimento	33
2.2.4	El método PCI	35
2.2.5	Whitetopping	37
2.2.5.1	Clasificación del Whitetopping	38
2.2.5.2	Ventajas y beneficios del Whitetopping	39
2.2.5.3	Procedimiento del colocado de Whitetopping	41
2.3	Marco conceptual	43

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación	44
3.2	Método de la investigación	45
3.3	Nivel y tipo de investigación	46
3.3.1	Tipo de investigación	46
3.3.2	Nivel de investigación	46
3.4	Población y muestra de la investigación	47



3.4.1	Población	47
3.4.2	Muestra	47
3.5	Técnicas e instrumentos	48
3.5.1	Técnicas	48
3.5.2	Instrumentos	48
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento	49
3.6.1	Validación	49
3.6.2	Confiabilidad	49
3.7	Procedimiento de recolección de datos	50
3.7.1	Procedimiento	50
3.7.2	Ensayos en laboratorio	51
3.7.3	Procedimiento de la Evaluación superficial	57
3.8	Procesamiento y análisis de datos	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados	61
4.1.1	Evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos 61	
4.1.2	Evaluación de las propiedades del suelo de la Avenida Enrique Gallegos	90
4.1.3	Diseño del pavimento Whitetopping	95
4.2	Discusión de resultados	98
CONCLUSIONES		102
RECOMENDACIONES		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		104
ANEXOS		108



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2	Índice de condición del pavimento	36
Tabla 3	Tipos de falla	58
Tabla 4	Fallas encontradas.....	63
Tabla 5	Evaluación del tramo 1	65
Tabla 6	Evaluación del tramo 5	67
Tabla 7	Evaluación del tramo 9	70
Tabla 8	Evaluación del tramo 13	72
Tabla 9	Evaluación del tramo 17	76
Tabla 10	Evaluación del tramo 21	79
Tabla 11	Evaluación del tramo 25	81
Tabla 12	Evaluación del tramo 29	83
Tabla 13	Evaluación del tramo 33	86
Tabla 14	Evaluación del tramo 37	87
Tabla 15	Resumen de los resultados de la evaluación del PCI.....	89
Tabla 16	Análisis granulométrico de CA-1	90
Tabla 17	Análisis granulométrico de CA-1	91
Tabla 18	Límites de consistencia.....	92
Tabla 19	Máxima densidad y optimo contenido de humedad.....	93
Tabla 20	CBR del suelo (subrasante).....	94
Tabla 21	CBR de la subrasante por correlación con el PDC	95
Tabla 22	CBR de la subbase por correlación con el PDC	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pavimento flexible	29
Figura 2 Whitetopping.....	42
Figura 3 Localización de la vía estudiada	50
Figura 4 Medición del contenido de humedad	51
Figura 5 Golpes de capas.....	56
Figura 6 Muestreo para la evaluación.....	62
Figura 7 Valor estimado de la falla 1	65
Figura 8 Valor estimado de la falla 7	66
Figura 9 Valor estimado de la falla 10	66
Figura 10 Valor estimado corregido	67
Figura 11 Valor estimado de la falla 1	68
Figura 12 Valor estimado de la falla 7	68
Figura 13 Valor estimado de la falla 10.....	69
Figura 14 Valor estimado de la falla 13.....	69
Figura 15 Valor estimado corregido	70
Figura 16 Valor estimado de la falla 7	71
Figura 17 Valor estimado de la falla 15.....	71
Figura 18 Valor estimado corregido	72
Figura 19 Valor estimado de la falla 1	73
Figura 20 Valor estimado de la falla 7	73
Figura 21 Valor estimado de la falla 10.....	74
Figura 22 Valor estimado de la falla 13.....	74
Figura 23 Valor estimado de la falla 17	75



Figura 24	Valor estimado corregido	75
Figura 25	Valor estimado de la falla 1	76
Figura 26	Valor estimado de la falla 7	77
Figura 27	Valor estimado de la falla 10	77
Figura 28	Valor estimado de la falla 13	78
Figura 29	Valor estimado corregido	78
Figura 30	Valor estimado de la falla 7	79
Figura 31	Valor estimado de la falla 10	80
Figura 32	Valor estimado corregido	80
Figura 33	Valor estimado de la falla 1	81
Figura 34	Valor estimado de la falla 7	82
Figura 35	Valor estimado de la falla 9	82
Figura 36	Valor estimado corregido	83
Figura 37	Valor estimado de la falla 10	84
Figura 38	Valor estimado de la falla 12	84
Figura 39	Valor estimado de la falla 9	85
Figura 40	Valor estimado corregido	85
Figura 41	Valor estimado de la falla 13	86
Figura 42	Valor estimado corregido	87
Figura 43	Valor estimado de la falla 13	88
Figura 44	Valor estimado corregido	88
Figura 45	Evaluación superficial	89
Figura 46	Análisis granulométrico de CA-1	90
Figura 47	Análisis granulométrico de CA-2	91
Figura 48	Límites de consistencia	92
Figura 49	Máxima densidad y óptimo contenido de humedad	93
Figura 50	CBR del suelo (subrasante)	94



RESUMEN

En el presente estudio, titulado "Evaluación superficial del pavimento flexible y alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave", tuvo como objetivo evaluar el estado de la superficie del pavimento flexible y diseñar una alternativa de tratamiento utilizando el método de Whitetopping en la mencionada avenida. La estrategia metodológica fue de un diseño no experimental, con un método científico y con un nivel descriptivo. La población estudiada comprendió todos los tramos de la Avenida Enrique Gallegos en el Distrito de llave que estuvieran construidos con pavimento flexible y que requirieran evaluación y tratamiento. La muestra seleccionada consistió en tramos representativos de la avenida en cuestión. Los resultados indicaron que la superficie del pavimento flexible en la Avenida Enrique Gallegos presenta un deterioro regular según (PCI), caracterizado por varios tipos de daños, como la formación de patrones similares a la piel de cocodrilo, grietas en los bordes, grietas longitudinales y transversales, y la presencia de huecos. En cuanto a las características del suelo del pavimento flexible, se determinó que el índice de plasticidad oscila entre 12.51% y 13.62% en las muestras M1 y M2 respectivamente. Además, el CBR de la subrasante por correlación del PDC fue de 30.42% mientras que de la subbase fue de 69.27%. Finalmente, el espesor del tratamiento mediante el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos se determinó considerando el (ESAL) y el diseño basado en la medición de transitabilidad. Con un ESAL de $1.06 \cdot 10^6$ y un tráfico de categoría Tp5, se calculó un espesor de Whitetopping de 6.10 pulgadas para el tratamiento adecuado del pavimento.

Palabras Clave: Pavimento Flexible, Estado Superficial, Método Whitetopping.



ABSTRACT

The present study, entitled "Surface evaluation of flexible pavement and alternative treatment using the Whitetopping method on Enrique Gallegos Avenue in the district of llave," aimed to evaluate the condition of the flexible pavement surface and design an alternative treatment using the Whitetopping method on the aforementioned avenue. The methodological strategy was a non-experimental design, using a scientific method and a descriptive level. The population studied included all sections of Enrique Gallegos Avenue in the district of llave that were constructed with flexible pavement and required evaluation and treatment. The selected sample consisted of representative sections of the avenue in question. The results indicated that the flexible pavement surface on Enrique Gallegos Avenue shows regular deterioration according to (PCI), characterized by various types of damage, such as the formation of crocodile skin-like patterns, cracks at the edges, longitudinal and transverse cracks, and the presence of potholes. Regarding the characteristics of the flexible pavement soil, it was determined that the plasticity index ranges between 12.51% and 13.62% in samples M1 and M2, respectively. In addition, the CBR of the subgrade by PDC correction was 30.42%, while that of the subbase was 69.27%. Finally, the thickness of the treatment using the Whitetopping method for the flexible pavement on Enrique Gallegos Avenue was determined considering the ESAL and the design based on the measurement of trafficability. With an ESAL of $1.06 \cdot 10^6$ and Tp5 traffic, a Whitetopping thickness of 6.10 inches was calculated for the proper treatment of the pavement.

Keywords: Flexible Pavement, Surface Condition, Whitetopping Method.



INTRODUCCIÓN

El pavimento flexible es uno de los elementos fundamentales en la infraestructura vial, proporcionando una superficie de rodadura que soporta las cargas que son generadas por el tráfico vehicular. Sin embargo, con el tiempo y el uso constante, estos pavimentos pueden sufrir deterioros que afectan su funcionalidad y seguridad. Por lo tanto, es esencial realizar evaluaciones periódicas para identificar y abordar cualquier deterioro que pueda comprometer la integridad estructural y la comodidad del usuario.

Nos enfocaremos en la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos, ubicada en el distrito de Ilave. Esta vía tiene un desempeño crucial en la conectividad y movilidad de la región, sirviendo como arteria principal para el transporte de personas y mercancías. Sin embargo, a lo largo de los años, se han observado signos de deterioro en el pavimento, lo que plantea la necesidad de realizar una evaluación exhaustiva de su condición actual.

El método de Whitetopping como una alternativa de tratamiento para el pavimento flexible. El Whitetopping, o "pavimento de concreto sobre asfalto", involucra la aplicación de una capa de concreto sobre un pavimento flexible existente, proporcionando una superficie duradera y resistente al desgaste. Esta técnica ha demostrado ser efectiva en la prolongación de la vida útil del pavimento, reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo y optimizando la seguridad vial.

En términos de organización, esta teoría es la siguiente:

Primer capítulo: En este capítulo se sientan las bases de la investigación. Se definen las variables que intervienen y se desarrolla un marco claro para dirigir la investigación. Además, se esbozan tanto los objetivos generales como los particulares, lo



que ofrece una explicación exhaustiva de la importancia del tema que nos ocupa y dilucida la trascendencia de abordar esta cuestión. Además, se desarrollan las hipótesis que servirán de base al esfuerzo investigador.

Segundo capítulo: El desarrollo de un marco teórico sólido es el principal énfasis de este capítulo, que también incluye una revisión exhaustiva de la investigación que se ha realizado en el pasado y un examen de las contribuciones sustanciales al campo de estudio. No sólo se ofrecen los principios teóricos primarios, sino que también se contextualiza el estudio dentro de un marco conceptual, destacando las lagunas de conocimiento que la investigación pretende colmar en el futuro.

En el Capítulo III se describen las metodologías y los procesos utilizados en la investigación. Este capítulo también incluye la identificación y selección de los individuos o muestras que se examinaron. Se ofrecen explicaciones detalladas del enfoque metodológico elegido, que respaldan la selección de los métodos e instrumentos utilizados para la recopilación y el análisis de datos.

En el cuarto capítulo se presentan y analizan los resultados de la investigación. Este capítulo está dedicado a la presentación de las conclusiones. La información recopilada se presenta en forma de tablas y gráficos, lo que facilita el análisis de los datos. Además, se hace una comparación exhaustiva con los resultados de investigaciones anteriores realizadas en la región investigada.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, una situación problemática relevante en el contorno de la ingeniería civil es la falta de mantenimiento adecuado de las carreteras, lo que conduce a un deterioro progresivo de la infraestructura vial. Esta problemática afecta a muchos países en desarrollo y desarrollados por igual. La ausencia de un mantenimiento adecuado puede provocar accidentes de tráfico, aumentar los costos de operación vehicular y disminuir la eficiencia del transporte de bienes y personas a nivel internacional.

En el caso específico de Perú, una situación problemática destacada es la necesidad de mejorar y modernizar la infraestructura vial para potenciar el desarrollo económico y social del país. Aunque se han realizado inversiones significativas en este sector en los últimos años, todavía existen numerosas vías que presentan deficiencias estructurales y funcionales. El mantenimiento insuficiente, la falta de planificación adecuada y la capacidad limitada de las entidades responsables son algunos de los factores que contribuyen a esta problemática.

En el Distrito de Ilave, ubicado en la región de Puno, una situación problemática relevante es el estado de averiada del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos.

Esta vía, que es una de las primordiales arterias del distrito, sufre de grietas, baches y desprendimiento del material, lo que afecta negativamente la seguridad vial y dificulta el tránsito vehicular y peatonal. Además, el crecimiento urbano y el aumento del tráfico han exacerbado esta situación, generando una demanda urgente de soluciones efectivas y sostenibles para rehabilitar la infraestructura vial local.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuál es la condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave?
- b. ¿Cuáles son las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave?
- c. ¿Cuál es el diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar el estado superficial del pavimento flexible y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave.



1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Evaluar la condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave.
- b. Determinar las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave.
- c. Establecer el diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de Ilave.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

La infraestructura de transporte es clave para el desarrollo económico y social de cualquier comunidad. En el caso específico de la Avenida Enrique Gallegos en el Distrito de Ilave, su estado actual de pavimento flexible presenta signos de deterioro, lo que compromete la seguridad vial y la calidad del transporte. Esta tesis se justifica técnicamente por la urgencia de evaluar de manera detallada el estado superficial del pavimento flexible y proponer una alternativa de tratamiento que garantice una mejora significativa en su durabilidad, resistencia y seguridad. El método de Whitetopping, una técnica de rehabilitación de pavimentos que implica la distribución de una capa de concreto por encima del pavimento existente, se presenta como una opción técnica viable y efectiva para mejorar las condiciones de la Avenida Enrique Gallegos.

1.4.2 *Justificación económica*

La inversión en infraestructura vial tiene un impacto directo en la economía local y regional. La Avenida Enrique Gallegos es una vía de importancia estratégica para el Distrito de Ilave, ya que conecta áreas residenciales, comerciales e industriales. El deterioro del pavimento flexible no solo aumenta los costos de mantenimiento y reparación, sino que

también afecta negativamente la eficiencia del transporte y la productividad económica. La implementación del método de Whitetopping, aunque puede requerir una inversión inicial significativa, ofrece beneficios económicos a largo plazo al reducir los costos de mantenimiento y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

1.4.3 Justificación social

La eficacia en la construcción de las vialidades tiene una relación directa con el nivel de vida de sus habitantes. El mal estado del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos no sólo repercute en la seguridad de los conductores, sino que también ocasiona a los usuarios una serie de problemas, entre los que se incluyen tiempos de viaje más largos, la degradación de sus vehículos y la posibilidad de verse implicados en un accidente. La reurbanización de la avenida mediante el uso del método Whitetopping no sólo mejora la seguridad de las carreteras y la eficacia del transporte, sino que también contribuye a la integración social y al bienestar general de la comunidad. Una carretera en buen estado facilita el acceso de las personas a los servicios esenciales, fomenta la actividad económica y proporciona a los habitantes del distrito de llave un mayor sentimiento de pertenencia y orgullo por su comunidad.

1.4.4 Justificación ambiental

La conservación del medio ambiente es un aspecto fundamental en cualquier proyecto de ingeniería civil. La realización del método de Whitetopping para la rehabilitación del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos debe considerar cuidadosamente su impacto ambiental. Comparado con otras técnicas de rehabilitación de pavimentos, el Whitetopping tiene el potencial de disminuir el consumo de recursos naturales y la producción de residuos, ya que aprovecha la infraestructura existente. Además, la durabilidad y resistencia del concreto utilizado en el Whitetopping pueden disminuir la necesidad de mantenimiento futuro, lo que a su vez reduce la generación de desechos y la huella de carbono asociada con las operaciones de mantenimiento vial.



1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

El estado superficial del pavimento flexible será malo y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping resultará un espesor de 2 pulgadas para la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. La condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave resultara malo, con alto grado de fisuramientos longitudinales y transversales.
- b. Las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave, resultará un índice de plasticidad alto y un CBR por bajo.
- c. El diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave, será de 5 pulgadas.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable de caracterización*

Evaluación superficial del pavimento flexible

Indicador:

Estado situacional de la vía.

1.6.2 *Variable de interés*

Método de tratamiento por el método de Whitetopping

Indicador:

Diseño de la capa Whitetopping.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
VC: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	La evaluación superficial del pavimento flexible se refiere al análisis de la condición y el estado de la superficie de un pavimento que está compuesto principalmente por materiales flexibles, como el asfalto o el concreto asfáltico.	Estado del pavimento	Método PCI: Fallas superficiales del pavimento. Evolución del tráfico	Ficha de toma de datos
	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
VI: MÉTODO DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING	El método de tratamiento por el método de Whitetopping es una técnica de rehabilitación de pavimentos que consiste en aplicar una capa de concreto sobre un pavimento de asfalto existente para mejorar su resistencia, durabilidad y capacidad de carga.	Tratamiento superficial	Características del suelo del pavimento flexible Diseño de la capa de whitetopping	Herramientas de laboratorio Fichas de toma de datos



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según García & Terán, (2022) en su investigación titulada “La evaluación del pavimento flexible y el método Whitetopping en comparación con el enfoque tradicional para la rehabilitación de la vía principal de Barranca en Samborondón”, tiene como objetivo identificar el método más adecuado para la recuperación de la vía primordial del recinto Barranca, la cual actualmente presenta un estado poco favorable para el tránsito adecuado de la comunidad. Específicamente, se busca comparar dos técnicas de rehabilitación: el método Whitetopping y el método con pavimento flexible. Para llevar a cabo esta comparación, se utilizará como referencia la Norma ASTM D6433-07, la cual permite clasificar las condiciones del pavimento mediante una inspección visual, identificando clase, severidad y cantidad de fallas en el mismo. Se concluye que para que la técnica del Whitetopping sea viable, es necesario que los daños en la estructura existente sean superficiales, ya que esta estructura servirá de soporte para el pavimento rígido. La implementación de esta técnica mejora el nivel de servicio y optimiza la geometría de la vía, proporcionando una mayor seguridad para los usuarios. Aunque el pavimento tiene un costo inicial más bajo, los mantenimientos periódicos necesarios lo hacen más costoso a



largo plazo, especialmente durante el invierno cuando los daños son más significativos y las operaciones de sostenimiento más costosas. La recuperación mediante Whitetopping implica un alto coste inicial, pero el mantenimiento es bajo, lo que resulta ventajoso en áreas donde las aberraciones del pavimento flexible debido a los frenados y arranques frecuentes de los vehículos afectan su vida útil.

Según Pin et al., (2023) en su artículo titulado "Diseño de concreto para refuerzo de pavimento mediante la técnica de Whitetopping", presentan una investigación en la que se desarrolló una mezcla de concreto específicamente diseñada para ser empleada en la técnica de Whitetopping. Para ello, se utilizaron agregados locales, creando dos tipos de mezclas que se diferencian por los tamaños de los agregados gruesos: No.6 y No.7. Ambos tipos de agregados gruesos fueron acompañados de arena de duna y piedra No.89, con el fin de mejorar la calidad de la arena natural en las mezclas. Además, se incorporaron dos aditivos: uno con la función de retrasar el proceso de fraguado y otro con el propósito de mejorar la plasticidad del concreto. Los resultados obtenidos en los ensayos revelaron que la resistencia del concreto diseñado cumplió con los requisitos necesarios para ser utilizado en la técnica de Whitetopping, alcanzando una resistencia de diseño de 350 kg/cm^2 en ambas mezclas, lo que demuestra la eficacia del diseño. A pesar de que el tipo de árido no mostró un efecto significativo en el incremento de la resistencia, se observó que la incorporación de los aditivos sí contribuyó a un mayor rendimiento en cuanto a la resistencia del material. Asimismo, tras realizar pruebas de laboratorio para analizar las características de los agregados utilizados, se determinó que tanto los agregados finos como gruesos provenientes de Picoazá cumplen con las normativas NTE INEN, lo que respalda su idoneidad para ser empleados en mezclas de concreto para la técnica de Whitetopping. En base a la calidad probada de estos agregados, los investigadores sugieren que los ingenieros deberían considerar la rehabilitación de pavimentos asfálticos mediante la técnica de Whitetopping como una opción viable y eficiente para la conservación y mantenimiento de las carreteras.



2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Lázaro Zeta et al., (2019) en su estudio titulado "Implementación de Whitetopping en el pavimento flexible de la avenida Central, desde el kilómetro progresivo 00+00 hasta el 04+300, en San Juan de Lurigancho, 2019", se enfoca en proponer una alternativa eficaz para la recuperación del pavimento flexible existente en la mencionada avenida, mediante el uso de la técnica de Whitetopping. Esta propuesta busca abordar tanto las fallas funcionales como estructurales presentes en el pavimento flexible, aumentando su vida útil y reduciendo los costos asociados a mantenimiento, así como mejorando la calidad del servicio vial al corregir alteraciones en los contornos longitudinales y transversales. El Whitetopping se considera una opción viable para esta intervención, presentando dos variantes: adherido y no adherido. La elección entre ambos tipos depende del tipo de intervención a realizar en la vía. En este caso, se ha optado por el Whitetopping no adherido, dado que la intervención consiste en una rehabilitación del pavimento existente. El desarrollo de esta investigación incluye un análisis preliminar del pavimento asfáltico existente, utilizando el método del (PCI), el cual determinó la necesidad de rehabilitación. Esta evaluación permitió seleccionar el tipo de Whitetopping adecuado y establecer los parámetros para el diseño de la sobre carpeta. Para el diseño de la sobre carpeta, se aplicó la metodología de (AASHTO), complementada con una dosificación de mezcla específica. Estos procesos proporcionan un marco anticipado para la colocación efectiva de la sobre carpeta, asegurando una solución de mejora integral según lo planteado inicialmente.

Según Sanchez Piedra, (2021) en su estudio titulado " Análisis de la viabilidad de la técnica Whitetopping en el pavimento flexible de la avenida Dominicos-San Martín de Porres, Lima - 2021", se enfocó en analizar el estado actual del pavimento con el objetivo de aplicar la técnica de Whitetopping. Para llevar a cabo esta evaluación, el estudio empleó dos metodologías ampliamente reconocidas en la ingeniería vial: el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), específicamente la R.D N°10 de



2014, en su sección sobre suelos y pavimentos, y la metodología ASHTO 93. Con el fin de medir las deflexiones tanto máximas como mínimas del pavimento, se utilizó la Viga Benkelman, una herramienta estándar para este tipo de análisis. Los resultados obtenidos revelaron deflexiones de 68 mm en el carril izquierdo y 54 mm en el carril derecho en las progresivas 0+190 y 0+150, respectivamente. Además de las mediciones de deflexión, se realizó una inspección visual de la superficie del pavimento, donde se identificaron diversas fallas como el patrón de piel de cocodrilo, fisuras de severidad moderada, así como agregado pulido de baja severidad. En cuanto al estado general del pavimento, el Índice de Condición del Pavimento (PCI), calculado siguiendo la norma ASTM D6433-03, presentó un valor promedio de 60, lo que lo clasifica como "bueno". En el estudio también se determinó el equivalente de ejes estándar (ESAL) en $1.31E+07$, un dato fundamental para el diseño posterior del pavimento. Además, la capacidad portante del suelo existente fue evaluada con un %CBR de 10.69%, lo que lo clasifica igualmente como "bueno" según los estándares del MTC. Con base en estos resultados, se estableció que la resistencia necesaria para el concreto en el diseño debía ser de 280 kg/cm^2 , lo que abre la posibilidad de implementar la técnica de rehabilitación de pavimentos mediante Whitetopping en esta vía.

Según Pelaez, (2019) en su estudio titulado "Propuesta de diseño con el método Whitetopping para la rehabilitación del pavimento asfáltico en la avenida Federico Villareal, entre las avenidas Kunturwasi y Pucara, en la ciudad de Trujillo", tiene como objetivo proponer un método de rehabilitación para pavimentos flexibles deteriorados, mediante la implementación del sistema conocido como "Whitetopping". Este enfoque se presenta como una alternativa viable especialmente para vías primordiales con alto volumen de tráfico y cargas pesadas. Aunque el sistema no es ampliamente popular en el Perú y en países vecinos, se busca demostrar su eficacia a través del análisis y diseño detallados de la técnica de redención basada en Whitetopping. Para respaldar esta propuesta, se

seleccionó un tramo específico de la Ciudad de Trujillo, la Avenida Federico Villarreal entre las Avenidas Kunturwasi y Pucara, como caso de estudio. Inicialmente, se llevó a cabo un exhaustivo diagnóstico del tramo, identificando diversos tipos de deterioro como ahuellamiento, baches, y piel de cocodrilo, entre otros. Basado en este diagnóstico, se procedió a calcular el (PCI) para identificar el nivel de intervención necesario. También se realizó un análisis del tráfico y se recogieron muestras representativas de la estructura del pavimento existente, que se sometieron a pruebas de laboratorio en la Universidad Nacional de Trujillo. Estas pruebas se realizaron con el fin de garantizar que la nueva losa de concreto Whitetopping se adhiriera al pavimento de la mejor manera posible. Se utilizó el Método de Fatiga de la Asociación de Cemento Portland (PCA) para determinar el espesor ideal de la losa de Whitetopping, el cual se determinó en 18 centímetros. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando los datos de laboratorio y el análisis del tráfico. Además, se respetaron las normas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en 2013 para garantizar la dosificación adecuada de los componentes del concreto. La proporción de cemento, finos y gruesos se determinó en 1:1,16:3,18:0,34. Como resultado de su rápida construcción, resistencia a las presiones y larga vida útil, se determinó que el uso de esta tecnología de rehabilitación es práctico. Las siguientes son algunas de las palabras clave que podrían utilizarse para identificar este trabajo: rehabilitación, Whitetopping, pavimento y rígido.

2.1.3 Antecedentes regionales

Según Apaza, (2022) en su investigación denominada "Estudio sobre el estado de conservación del pavimento flexible utilizando el método del índice de condición de pavimento en la vía Chasqui - Pilcuyo, Puno - 2019", tiene como objetivo principal la evaluación del estado de conservación del pavimento flexible mediante la aplicación del método del Índice de Condición del Pavimento (ICP) en la carretera Chasqui - Pilcuyo en Puno durante el año 2019. Los objetivos particulares incluyen la categorización de las



múltiples formas de daño presentes, la evaluación del pavimento en su conjunto y la evaluación de la severidad de cada tipo de falla que se descubrió en la carretera. El examen visual fue el principal método utilizado para llevar a cabo esta investigación. Se realizó para analizar los fallos existentes en el firme. Es fundamental utilizar este método porque permite identificar y describir los defectos en función de su gravedad, lo que a su vez facilita la realización de un examen exhaustivo del estado del firme. Para determinar el grado de estado de los firmes se utilizó el método PCI, generalmente reconocido en todo el mundo. Según los resultados obtenidos, el 35,09% del pavimento se encuentra en buen estado, el 30,78% en estado regular, el 17,63% en mal estado y el 16,50% en muy mal estado. El fallo 01 (piel de cocodrilo), el fallo 3 (agrietamiento en bloque), el fallo 05 (ondulación), el fallo 11 (parchado), el fallo 13 (huecos), el fallo 17, el fallo 18 y el fallo 19 son los fallos que ocupan los primeros puestos en cuanto a su importancia, según la clasificación de los fallos. Entre ellos, el fallo 1 (piel de cocodrilo) es el más importante de los cuatro analizados. Esto indica que la capa de asfalto debería reconstruirse o que la carretera debería reconstruirse por completo. Según la escala de evaluación PCI, el valor estimado del índice de estado del firme (PCI) es de 37,30, lo que indica que el estado actual del firme se considera deficiente.

Según Araujo & Begazo, (2021) en el estudio titulado "Uso de métodos no destructivos y destructivos para evaluar la condición del pavimento flexible en vías urbanas de Puno – 2021", tuvo como objetivo evaluar el estado superficial y estructural del pavimento flexible en vías urbanas de la ciudad de Puno durante el año 2021. Los investigadores utilizaron métodos no destructivos y destructivos para realizar esta evaluación. Se utilizó una metodología de investigación que incluyó un enfoque cuantitativo y un formato de diseño cuasi-experimental. El método más importante que se utilizó fue la observación directa, y las herramientas que se utilizaron para recopilar datos fueron los formularios de recogida de datos elaborados específicamente para este fin. Las vías urbanas de la ciudad de Puno, que cubrían una distancia total de 1.057 kilómetros, sirvieron

como población de la investigación. La muestra fue elegida de manera que fuera típica de la población. Según la metodología del (ICP), el estado general de la superficie del pavimento se categoriza como «malo». Por otro lado, según la metodología de (PASER), el pavimento se encuentra en estado «regular». Los resultados obtenidos revelaron que el pavimento se encuentra en estado «regular». La capa de subrasante se encuentra en un estado «regular», mientras que la subbase, la base y la capa de rodadura se han clasificado como «deficientes» en cuanto a su estado estructural. Esto se observó en relación con el estado estructural. Se sugirió el uso de cal-cemento y cenizas volantes como medida de tratamiento para mejorar las capas de subbase y base. Además, se sugirió la aplicación de lechada asfáltica Slurry Seal tipo 2 como medida de tratamiento para mejorar la capa de rodadura. En base a los hallazgos, se determinó que el pavimento flexible presente en las vías urbanas de Puno requiere de intervenciones particulares para mejorar tanto su estado superficial como estructural.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento

El pavimento es un tipo de infraestructura vial que se compone de muchas capas que se colocan sobre la subrasante debajo de la ruta o carretera. Es el principal responsable de distribuir y soportar las cargas producidas por el tráfico de vehículos, al tiempo que mejora la calidad y la seguridad del transporte. Esta estructura está conformada por distintas capas, incluyendo la base y subbase, que proporcionan estabilidad y resistencia, así como la capa superior, conocida como afirmado bituminoso o capa de rodadura, que es la parte visible y directamente expuesta al tráfico (Aquino, 2020).

El pavimento, o calzada como también se le conoce, es una capa de material diseñada para colocarse sobre el terreno con el fin de crear un camino que sea accesible y seguro tanto para vehículos como para peatones. Esta capa está elaborada para soportar el peso y las tensiones del tráfico, además de resistir el desgaste producido por el uso

constante y las variaciones en las condiciones climáticas. Dependiendo de la necesidad específica de la zona y las condiciones ambientales, los pavimentos pueden estar hechos de una amplia variedad de materiales, como asfalto, concreto, adoquines, entre otros, seleccionados de acuerdo a los requisitos de durabilidad, resistencia y funcionalidad que se demanden en cada caso.

El pavimento es un componente esencial de las carreteras de transporte, formado por capas que se construyen de forma horizontal y están construidas con determinados materiales que se compactan de la forma adecuada. Las cargas que genera el tráfico de automóviles se ejercen repetidamente a lo largo del día, y su función es sostener y dispersar esas cargas. su diseño está técnicamente pensado para ello (Sanchez, 2021).

Se ha tenido en cuenta la forma en que los asfaltos redistribuyen las cargas que la capa de rodadura transfiere a la capa subyacente. Asimismo, se han realizado modificaciones en algunas capas por diversos motivos, como mejorar el soporte del suelo base o utilizar materiales alternativos, en respuesta al incremento del tráfico y otras consideraciones relevantes (Llonquecha & Quispe, 2019). Es posible identificar tres tipos de pavimentos, que se distinguen principalmente por:

- **Pavimento Flexible:** Hay una serie de componentes que conforman el pavimento flexible. Estos componentes incluyen una capa de rodadura de asfalto, base, subbase, terraplén o subrasante mejorado, subrasante, subdrenaje longitudinal y recubrimiento. Debido a que este tipo concreto de pavimento es capaz de ajustarse a las deformaciones provocadas por las cargas del tráfico, resulta adecuado para una amplia gama de aplicaciones viarias (Sanchez, 2021).

Este tipo de pavimento se caracteriza por su composición, que incluye un manto de rodadura elaborada con material bituminoso. Esta capa está diseñada para resistir y distribuir las cargas vehiculares, transfiriendo estas cargas a través de la estructura

hacia la base y subbase, las cuales consisten en capas granulares diseñadas para proporcionar el soporte necesario (Almeida & Santur, 2019).

- **Pavimento Rígido:** También acreditado como pavimento hidráulico, el pavimento rígido consta de una subrasante, base o subbase y una losa de concreto. A veces se utiliza acero de refuerzo sobre la base o subbase para proporcionar mayor resistencia. Este tipo de pavimento no permite deformaciones significativas y es ideal para áreas donde se requiere una alta resistencia estructural (Sanchez, 2021).

Esta forma de pavimento, que a menudo se denomina pavimento hidráulico, se compone de una losa de concreto hidráulico, que en algunos casos puede incorporar acero de refuerzo. La capa granular que sirve de base o subbase es el cimiento sobre el que se construye esta losa. Debajo de esta construcción se sitúa la subrasante. Es muy importante tener en cuenta que el pavimento hidráulico no permite deformaciones en los niveles inferiores de la estructura (Almeida & Santur, 2019).

- **Pavimento Híbrido o Mixto:** Es un tipo de pavimento que combina elementos tanto del pavimento flexible como del rígido. Se utilizan adoquines para crear la superficie de rodadura, a diferencia del pavimento de asfalto, debido a su durabilidad. El objetivo principal de este tipo de pavimento es reducir la velocidad de los coches imponiendo una restricción de velocidad máxima de unos sesenta kilómetros por hora (37 millas por hora). Por ello, es una opción excelente para las áreas metropolitanas, donde el objetivo es mejorar la comodidad de los usuarios de la carretera y la seguridad de los conductores (Sanchez, 2021).

A efectos de esta discusión, nos referimos a una construcción de pavimento compuesta por capas con un espesor total de material bituminoso. Además, se considera que la capa asfáltica es un pavimento semirrígido cuando se instala sobre una cimentación o un suelo estabilizado con cemento, o encima una base tratada con cal (Almeida & Santur, 2019).

Una construcción que se caracteriza como pavimento es aquella que está formada por capas que se superponen unas a otras y que son principalmente horizontales. Estas capas incluyen el subsuelo, seguido de la subbase, la base y, por último, la capa de rodadura de asfalto u concreto. Estas capas están dispuestas de tal manera que todas confluyen en la superficie, que sirve de plataforma para la actividad de los vehículos. Para garantizar su resistencia y durabilidad, se planifican y fabrican con la selección de materiales adecuados, y se compactan de forma aceptable (Riojas, 2020).

2.2.2 Pavimento flexible

Se refiere a una forma de infraestructura vial que está diseñada para adaptarse a las condiciones cambiantes del terreno y soportar el peso de los vehículos. Su estructura se compone de varias capas: la capa superior de asfalto, también denominada ligante asfáltico, es la que está en contacto directo con el tráfico. Además, por debajo de este manto se encuentran la base y la subbase. Estas capas son las delegadas de proporcionar soporte y distribuir las cargas al suelo que se encuentra debajo de ellas de forma consistente. Estas capas inferiores pueden estar compuestas por diversos materiales granulares, como grava y piedra triturada, que se compactan adecuadamente para garantizar la estabilidad del pavimento (Albino & Enciso, 2020).

El pavimento flexible se caracteriza por su capacidad para resistir deformaciones y flexiones bajo cargas repetidas, lo que lo hace ideal para su uso en carreteras con tráfico intenso y en áreas donde el suelo puede experimentar movimientos y cambios estacionales. Además, su construcción modular permite realizar reparaciones y mantenimiento de manera más eficiente en comparación con otros tipos de pavimentos (Uribe, 2020).

El pavimento flexible, que a veces se denomina pavimento asfáltico, es un tipo de estructura vial que se compone de una sustancia bituminosa que sirve de capa de rodadura. Las cargas que generan los coches se transmiten a las capas inferiores de la

base y la subbase, que se denominan capas granulares. Esta capa está destinada a contrarrestar las cargas generadas por los automóviles (Aquino, 2020).

La flexibilidad del pavimento flexible proviene principalmente de la capacidad del asfalto para deformarse bajo la carga del tráfico y redistribuir las tensiones a lo largo de las capas inferiores del pavimento. Esto ayuda a prevenir la formación de grietas y fracturas en la superficie del pavimento, así como a mejorar la capacidad de absorción de impactos y vibraciones, lo que contribuye a una conducción más suave y confortable para los conductores.

El pavimento flexible se utiliza comúnmente en carreteras, autopistas, calles urbanas y otras áreas donde se espera un tráfico vehicular significativo. Su diseño y construcción correctas son esenciales para poder garantizar su rendimiento a largo plazo y su capacidad para resistir las circunstancias climáticas y las cargas del tráfico.

Según la investigación de (Mohod & Kadam, 2016), el pavimento flexible se caracteriza por ser un sistema estructural compuesto por múltiples capas de materiales dispuestas para resistir eficazmente los efectos del tráfico vehicular y las condiciones climáticas durante un intervalo temporal definido, garantizando al mismo tiempo la preservación de la integridad de la base o subrasante.

Figura 1

Pavimento flexible



Nota. Tomada de (Arcaya, 2019).



2.2.2.1 Asfalto

El asfalto, una sustancia de tonalidad oscura, está compuesto por una compleja combinación de hidrocarburos de un elevado peso molecular, derivados del petróleo crudo. Estos hidrocarburos pueden extraerse naturalmente a través de la evaporación de depósitos superficiales, denominados asfaltos naturales, o mediante procesos industriales de destilación, donde el componente principal es el bitumen. Los asfaltos destilados, obtenidos a través de métodos de ebullición por vapor o procesos de soplado, son productos comunes en la industria (Mallma, 2018).

El asfalto, a menudo denominado alquitrán o betún, es una sustancia espesa y de color oscuro que se emplea con frecuencia en la construcción de carreteras, pavimentos y diversos proyectos de infraestructura. Este material se obtiene mediante un proceso de destilación del petróleo crudo, y su principal componente es el betún, una sustancia orgánica que se encuentra de forma natural en algunos depósitos o que se produce a través del refinamiento del petróleo. Gracias a sus propiedades de adherencia y durabilidad, el asfalto es ideal para soportar las exigencias de tráfico y las condiciones climáticas en las superficies de las vías.

El asfalto se utiliza como aglomerante en la construcción de pavimentos debido a su capacidad de unir los materiales agregados, como grava y arena, formando una superficie sólida y resistente al tráfico vehicular. Además de su función como aglutinante, el asfalto proporciona flexibilidad al pavimento, permitiendo que se adapte a las cargas y movimientos del tráfico, así como a las variaciones de temperatura y condiciones climáticas (Mallma, 2018).

Las propiedades del asfalto pueden variar según su composición y el proceso de fabricación. Pueden existir diferentes tipos de asfalto, como el asfalto caliente, el asfalto modificado con polímeros, el asfalto frío, entre otros, cada uno con características

específicas diseñadas para adaptarse a diferentes condiciones y requisitos de construcción (Mallma, 2018).

La destilación por vapor emerge como un método sobresaliente para producir asfalto de alta calidad, especialmente indicado para su utilización en pavimentación, mientras que el producto obtenido mediante la ebullición por aire o soplado tiene una aplicabilidad limitada en este ámbito.

Obtención y Clasificación

La composición básica del asfalto, que varía según el origen del petróleo crudo, se divide en tres categorías principales:

- Base Asfáltica
- Base Parafínica
- Base Intermedia

Los asfaltos de base asfáltica, extraídos de petróleos ricos en asfalto, son altamente valorados en la pavimentación debido a sus excelentes propiedades de unión y su resistencia al deterioro causado por las condiciones climáticas adversas.

Por el contrario, los asfaltos de base parafínica tienden a experimentar una oxidación gradual cuando están expuestos a la intemperie, lo que resulta en la formación de un residuo escamoso de escasa utilidad como agente ligante en la construcción de pavimentos (Mallma, 2018).

2.2.2.2 Componentes de un pavimento flexible

Los componentes estructurales de un pavimento flexible son:

a) Superficie de Rodadura

De acuerdo con (Rengifo & Vargas, 2017), esta capa, también denominada ligante asfáltico, es la capa más externa que está en contacto directo con el tráfico provocado por



los vehículos. Su objetivo principal es producir una superficie consistente, impermeable y resistente al deslizamiento, así como soportar el peso de los vehículos.

La capa superior del pavimento, conocida como carpeta asfáltica, se erige directamente sobre la base, consistiendo típicamente en una combinación de agregados minerales y asfalto. Esta mezcla se formula para resistir las rigurosas condiciones del tráfico, tanto en términos de presión de los neumáticos como de abrasión, mientras protege las capas subyacentes del agua. La calidad y el diseño precisos de esta capa aseguran la longevidad y el rendimiento óptimo del pavimento a lo largo de su vida útil (Arcaya, 2019).

b) Base

Según (Saravia, 2019), la base es un manto de material pétreo que se coloca por encima de la subbase. Está diseñada para ofrecer un soporte consistente al ligante asfáltico y dar la rigidez necesaria para evitar que se produzcan deformaciones excesivas por parte del asfalto. Además, reduce la capilaridad hacia arriba y aumenta la eficacia del drenaje del agua.

La base se define como la capa situada sobre la subbase, conformada por materiales granulares como piedra triturada o no triturada, escoria, grava y arena. Su propósito fundamental radica en proporcionar una plataforma estable y uniforme que distribuya eficazmente las cargas vehiculares, contribuyendo así a la integridad estructural y la resistencia del pavimento.

c) Sub-base

Conforme a la explicación de (González, 2018), la sub-base es un manto granular que actúa como filtro para evitar que las partículas finas dañen la subrasante. También contribuye a dispersar de manera más uniforme las cargas que afectan al pavimento, mejorando así su estabilidad y durabilidad.

La subbase, como parte integral del sistema de pavimentación, despliega su función principal al proporcionar un soporte resistente y uniforme, distribuyendo equitativamente las cargas que recibe la superficie de rodadura del pavimento. Su diseño cuidadoso contribuye a la durabilidad y estabilidad de la infraestructura vial.

d) Subrasante

Según (Duque et al., 2019), la subrasante puede estar compuesta por suelos en su estado natural o puede ser necesario realizar prácticas específicas de estabilización. Debido al hecho de que tiene un efecto sobre los espesores de pavimento necesarios, la calidad de la subrasante es extremadamente importante. Cuando la subrasante es de buena calidad, es posible minimizar el espesor del firme.

En la infraestructura vial, la subrasante se define como la capa natural de material dispuesta a lo largo del trazado horizontal, actuando como la base fundamental sobre la cual se construye el pavimento. Asimismo, puede estar compuesta por una selección de materiales adecuados, compactados con precisión de acuerdo a los estándares establecidos para garantizar su estabilidad y resistencia.

2.2.3 Evaluación del pavimento

En la evaluación de pavimentos es necesario realizar un examen exhaustivo del estado tanto de la estructura subyacente como de la capa de rodadura actual del pavimento. Este procedimiento es necesario para conocer las dimensiones que son necesarias para el adecuado cuidado y conservación del pavimento, con la intención de prolongar el tiempo de uso del mismo. Es de suma importancia llevar a cabo un análisis que sea a la vez directo y específico, centrándose principalmente en los aspectos únicos de la región o del proyecto que se está revisando (Lazaro & Rojas, 2020).

Este análisis no solo implica la observación superficial del pavimento, sino también la aplicación de técnicas y métodos de evaluación que permitan una comprensión completa



de su condición. Esto puede incluir la utilización de herramientas como pruebas de resistencia, mediciones de espesor, análisis de fallas y evaluaciones visuales, entre otros.

Al comprender el estado actual del pavimento, los ingenieros y profesionales responsables pueden desarrollar estrategias de mantenimiento y rehabilitación personalizadas que aborden los problemas específicos reconocidos durante la evaluación. Estas estrategias pueden incluir reparaciones localizadas, reforzamiento de la estructura, aplicación de nuevas capas de pavimento u otras intervenciones diseñadas para mejorar la durabilidad y la funcionalidad del pavimento (Llonquecha & Quispe, 2019).

Además, la evaluación del pavimento no solo se centra en la infraestructura vial existente, sino que también puede ser crucial en la planificación y diseño de nuevos proyectos de pavimentación. Al comprender las lecciones aprendidas de proyectos anteriores y aplicar técnicas de evaluación avanzadas, los ingenieros pueden tomar decisiones más informadas y eficientes durante la fase de diseño de nuevos pavimentos, lo que contribuye a la creación de infraestructuras viales más duraderas y resilientes en el futuro (Paucar, 2019).

Para garantizar una gestión eficaz de las infraestructuras viarias, es esencial tomar una decisión aceptable a la hora de seleccionar un método de evaluación de los firmes. Una evaluación funcional, una evaluación estructural y un examen visual son los tres componentes principales que pueden utilizarse para tomar esta decisión, o pueden utilizarse combinados entre sí. Es posible identificar los daños existentes y determinar las causas subyacentes de esos daños mediante la aplicación de estos procedimientos, que contribuyen a la identificación de los daños (Gaspar, 2018).



2.2.4 El método PCI

El (PCI) se erige como un método esencial para la evaluación tanto de pavimentos flexibles como rígidos. Esta herramienta proporciona una evaluación cuantitativa de la entereza del pavimento y la funcionalidad de su capa de rodadura. A través del PCI, se pueden identificar los momentos y enfoques más adecuados para llevar a cabo actividades de mantenimiento, recuperación o reconstrucción, en consonancia con la verdadera condición del pavimento. Este índice, expresado en una escala numérica que oscila desde cero (0), indicando un estado deficiente del pavimento a (100), representando un pavimento en óptimas condiciones (Huaman, 2019).

Karim et al. (2016) señalan que el enfoque PCI no ofrece una evaluación directa de la capacidad estructural, la resistencia al derrape o la severidad del pavimento. Esto es algo que el método PCI no ofrece. Por otro lado, su utilidad descansa en el hecho de que es un instrumento objetivo que puede evaluar los requisitos particulares de un segmento de carretera en relación con un sistema de pavimentación integral. Al-Neami et al., (2017) profundizan en este punto destacando el hecho de que el índice de estado del pavimento (ICP) es esencial para determinar el estado actual del pavimento, facilitar la clasificación o priorización de las necesidades de mantenimiento y prever el estado futuro del pavimento, aspectos todos ellos esenciales para la gestión eficiente de las infraestructuras viarias.

Por el contrario, (Bakri, 2019) enfatiza que el PCI es preferible en la evaluación del estado del pavimento debido a su practicidad en el campo. Esto se debe a que el PCI utiliza el índice de condición del pavimento. El proceso de inspección y evaluación se simplifica y agiliza como resultado del hecho de que la evaluación se lleva a cabo mediante la observación y el control de daños en el campo. Esto elimina la necesidad de equipos especializados.

Cuando se trata de los detalles específicos de la evaluación del deterioro del pavimento utilizando el PCI, Hasibuan y Surbakti (2019) explican que hay tres factores

principales que se tienen en cuenta: el tipo de deterioro, que abarca una amplia gama de daños, incluyendo piel de cocodrilo, agrietamiento y sangrado, entre otros; la gravedad del deterioro, que se clasifica en niveles bajo, medio y alto con el fin de determinar la gravedad del daño; y la cantidad de deterioro, que se evalúa mediante la medición de unidades y cantidades totales durante el proceso de inspección. Esta información precisa proporciona un conocimiento exhaustivo del estado de los firmes, lo que también ayuda a orientar de forma eficaz las decisiones sobre mantenimiento y rehabilitación.

El cálculo del PCI implica la inspección de diversas secciones del pavimento, cada una asignada con un puntaje en función de su grado de deterioro. Estos puntajes se promedian para obtener el PCI general del pavimento. La evaluación del PCI no solo proporciona una instantánea del estado actual del pavimento, sino que también puede utilizarse para predecir su vida útil restante y planificar estrategias de mantenimiento y gestión de activos a largo plazo. Además, el PCI puede ser una herramienta importante para priorizar proyectos de mantenimiento y asignar recursos de manera eficiente, ayudando a optimizar el presupuesto y maximizar la vida útil de la infraestructura vial. En resumen, el Índice de Condición del Pavimento es una herramienta fundamental en la gestión y el mantenimiento de carreteras y calles, permitiendo a las autoridades tomar decisiones informadas para garantizar la seguridad y la funcionalidad de la red vial.

Tabla 2

Índice de condición del pavimento

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

Nota. Tomada de (Llonquecha & Quispe, 2019)

2.2.5 *Whitetopping*

Una contribución significativa a la provisión de una mayor capacidad estructural para soportar las cargas la realiza el pavimento ya colocado. Por su parte, el Whitetopping se incorpora al pavimento preexistente para crear una estructura fundamental. El objetivo de esta estrategia es reducir al máximo las tensiones y deformaciones, lo que en última instancia se traducirá en una gran reducción del impacto del calentamiento urbano, a menudo conocido como «isla de calor». En general, el grosor de las capas de refuerzo adicionales puede oscilar entre 5 y 15 centímetros, dependiendo de los requisitos particulares del proyecto y de las circunstancias del pavimento.

Se trata de una estrategia que implica la colocación de una capa de pavimento sólido sobre la superficie asfáltica de un camino flexible ya existente. Esta acción extiende la durabilidad de la carretera, al mismo tiempo que reduce los gastos asociados con su mantenimiento. Asimismo, ofrece la oportunidad de perfeccionar los aspectos geométricos del pavimento (Albino & Enciso, 2020).

El Whitetopping es una técnica de rehabilitación de pavimentos que consiste en aplicar una capa de concreto sobre un pavimento flexible existente. Esta capa de concreto puede ser delgada (generalmente de 4 a 10 pulgadas de espesor) y se adhiere firmemente al pavimento flexible subyacente, proporcionando una superficie de rodadura más duradera y resistente a las cargas del tráfico (Gutierrez, 2021).

El Whitetopping es un método que se utiliza en el proceso de rehabilitación de pavimentos flexibles, lo cual es un punto vital a tener en cuenta. Este método, que se utilizó por primera vez en Estados Unidos en 1918 y ha estado en uso desde entonces, se utilizó por primera vez para la construcción de autopistas, aeropuertos y otras instalaciones comparables. La instalación de losas de concreto sobre este tipo de pavimento, por otra parte, puede ser susceptible de deterioro por elementos como el clima, el tráfico y la humedad. El Whitetopping se utiliza sobre todo para restaurar carreteras que presentan

daños mínimos en la superficie. Esto ayuda en una mejora en la comodidad del usuario y a reducir los costes de explotación al prolongar la vida bastante útil de la carretera durante su proceso de restauración. Además, ayuda a reducir los gastos asociados al mantenimiento, rectificar las deformaciones y mejorar los niveles de servicio (Quijano & Rondon, 2023).

La capa de concreto aplicada en el proceso de Whitetopping suele ser de varios centímetros de espesor y está diseñada para facilitar una superficie sólida y duradera que pueda soportar el tráfico vehicular y resistir las condiciones climáticas adversas. El concreto utilizado en el Whitetopping puede ser reforzado con fibras o mallas metálicas para mejorar aún más su rotura a la tracción y la flexión.

El Whitetopping puede ofrecer varios beneficios, incluyendo una vida útil más larga del pavimento, reducción de mantenimiento a largo plazo y una mejora en la calidad de conducción. Además, el color claro del concreto utilizado en el Whitetopping puede ayudar a reducir la acumulación de calor en la superficie del pavimento, lo que puede contribuir a un entorno más fresco en áreas urbanas.

2.2.5.1 Clasificación del Whitetopping

Según (Cristóbal, 2022) el Whitetopping puede dividirse en tres tipos principales en función de su espesor. Estas clasificaciones son las siguientes:

- Whitetopping Convencional: Este tipo de Whitetopping se caracteriza por tener el mayor espesor, generalmente construido con 20 cm o más de concreto. Se utiliza en áreas donde se requiere una rehabilitación profunda del pavimento, proporcionando una capa robusta y duradera que puede resistir cargas pesadas y prolongar la vida útil de la carretera.
- Thin Whitetopping: También conocido como Whitetopping delgado, este tipo tiene un grosor medio, que oscila entre 10 cm y 20 cm. Se están adoptando modernas técnicas

y materiales para este tipo de pavimento, lo que permite aumentar significativamente la durabilidad y resistencia del pavimento existente. En ciertos casos, el Thin Whitetopping puede mejorar de manera notable la vida útil del pavimento, ofreciendo una solución rentable para la rehabilitación de carreteras.

- Ultra Thin Whitetopping: Esta es la categoría más delgada de Whitetopping, construida comúnmente con un espesor de 5 cm a 10 cm. Aunque es más delgada en comparación con otras opciones, el Ultra Thin Whitetopping aún proporciona una capa de refuerzo que mejora la resistencia y durabilidad del pavimento. Se utiliza principalmente en áreas donde se necesita una rehabilitación superficial y rápida, ofreciendo una solución eficiente y económica para mejorar la vida útil del pavimento existente.

2.2.5.2 Ventajas y beneficios del Whitetopping

Según (Cristóbal, 2022) las ventajas del Whitetopping son:

- Restauración Rápida: El Whitetopping permite realizar la restauración del pavimento de manera rápida, lo que reduce significativamente el tiempo de cierre de la vía y permite restablecer el tráfico vehicular en un corto período de tiempo. Esto es especialmente beneficioso en áreas de alto tráfico donde minimizar las interrupciones es crucial.
- Mejora de la Iluminación: Al tener una superficie de concreto blanco, el Whitetopping incrementa la reflectividad del pavimento, lo que resulta en una mayor luminosidad en la carretera. Esto puede ayudar a reducir los costos de iluminación nocturna y mejorar la visibilidad para los conductores, lo que contribuye a una conducción más segura.
- Reducción de Costos de Mantenimiento: El Whitetopping puede disminuir drásticamente los costos de mantenimiento a largo plazo en comparación con otros tipos de pavimentos. Su durabilidad y resistencia inherentes requieren menos reparaciones y mantenimiento, lo que resulta en ahorros significativos para las autoridades viales y los contribuyentes.

- **Mejora del Diseño Geométrico:** Existe la posibilidad de mejorar el diseño geométrico de la carretera al aplicar Whitetopping. Esta técnica permite ajustar y nivelar la superficie del pavimento, lo que puede contribuir a una conducción más suave y segura, así como a una mejor experiencia para los usuarios de la vía.
- **Menor Requisito de Habilidades Especializadas:** En comparación con algunos otros métodos de construcción de carreteras, el Whitetopping no requiere de trabajadores altamente especializados en su instalación y mantenimiento. Esto puede facilitar la implementación del proyecto y reducir los costos laborales asociados.

Luna et al., (2019) resaltan varios beneficios notables de la tecnología de Whitetopping:

- **Mayor Resistencia y Durabilidad:** Además de ser capaz de soportar enormes cargas sin deformarse ni perder su nivel de fricción, el concreto hidráulico también proporciona una superficie más duradera y robusta. Esto es cierto incluso cuando la cantidad de tráfico en la superficie aumenta con el tiempo.
- **Mejora del Drenaje:** El problema de la «salpicadura negra» que se produce como resultado de la acumulación de agua en los pavimentos de asfalto se elimina mediante el uso de pavimentos Whitetopping, que mejoran el drenaje del pavimento. Esto contribuye al mantenimiento de una superficie más segura y libre de agua, lo que minimiza la probabilidad de que se produzcan accidentes.
- **Incremento en la vida del Pavimento:** Se estima que el uso de Whitetopping puede aumentar la vida útil del pavimento entre 15 y 20 años en comparación con otros tipos de pavimentos. Esto resulta en un ahorro significativo en costos de mantenimiento a largo plazo.
- **Mejora de la Visibilidad:** El Whitetopping incrementa la visibilidad del pavimento, lo que a su vez reduce la necesidad de iluminación nocturna adicional. Esto no solo contribuye

a la seguridad vial, sino que también puede ayudar a reducir los gastos asociados con la iluminación de las carreteras durante la noche.

2.2.5.3 Procedimiento del colocado de Whitetopping

El proceso de Whitetopping incluye la aplicación de una gruesa capa de concreto hidráulico sobre el pavimento asfáltico ya existente. Esto ayuda a prolongar el tiempo de utilización de esta infraestructura viaria a lo largo de su vida útil. Este invento se ha creado y utilizado en varios países industrializados, y proporciona un método eficaz y rápido para revitalizar las carreteras ya existentes. Al utilizar la capa de asfalto preexistente como base, esta técnica mejora la capacidad de carga de la capa de asfalto a la vez que hace uso del concreto convencional, lo que se conoce como Acabado Blanco Convencional (C.B.). En la industria de la construcción, la utilización de concreto reforzado con acero de alta calidad se conoce como revestimiento blanco ultrafino (U.T.W). Este tipo de revestimiento es mucho más fino que su versión estándar (Pirca & Chinchay, 2021).

El uso de Whitetopping no necesita una cantidad sustancial de movimiento de tierras ni grandes excavaciones. La fijación y limpieza de la capa de rodadura asfáltica, el acondicionamiento de la capa de rodadura asfáltica según sea necesario y, por último, la colocación de la capa de hormigón Whitetopping son la mayoría de las tareas incluidas en este proceso. El método de Whitetopping proporciona una solución eficiente para la recuperación de las carreteras existentes, permitiendo mantener y desarrollar la infraestructura vial de una manera que es a la vez rentable y no da lugar a retrasos prolongados en el tráfico (Pirca & Chinchay, 2021).

El Whitetopping es un proceso que consiste en colocar una capa de hormigón sobre el pavimento asfáltico existente. Mediante el uso de esta capa de hormigón, que trabaja en conjunto con el pavimento que ya estaba en su lugar, es posible aumentar el espesor del pavimento sin hacer restauraciones significativas. En consecuencia, esto permite la

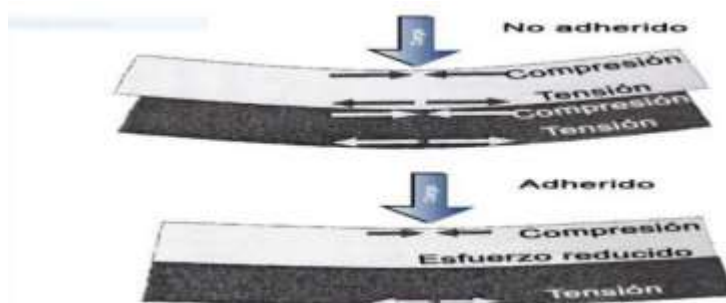
reparación del pavimento sin necesidad de alteraciones significativas en la estructura que estaba originalmente allí (Ureta, 2018).

La relación entre el antiguo pavimento asfáltico y la nueva capa superior de concreto, que ofrece prestaciones de sección compuesta, es una de las cuestiones técnicas más importantes que deben tenerse en cuenta por su trascendencia. Para garantizar que todas las capas trabajen de forma coherente y distribuyan las cargas de la manera adecuada, esta relación es esencial. Para garantizar que la unión se forme correctamente, es esencial tener en cuenta el hecho de que el eje neutro en el concreto se desplaza desde el centro de la losa hasta el extremo de la misma.

La modificación del eje neutro da lugar a una reducción de las tensiones, que las hace descender a niveles que el concreto es capaz de soportar, a pesar de tener un espesor relativamente fino. El hecho de que el concreto soporte principalmente cargas de compresión como resultado de la reducción del eje neutro es la razón principal del excelente rendimiento del nuevo pavimento mixto. La eficiencia del pavimento mejorará como resultado de ello, y la construcción del pavimento no requerirá el uso de espesores mayores (Ureta, 2018).

Figura 2

Whitetopping



Nota. Tomada de (Aquino, 2020)



2.3 Marco conceptual

- a. **Asfalto.** - El asfalto es un material que se utiliza a menudo en la construcción de carreteras y aceras. Se considera una sustancia negra y pegajosa constituida en su mayor parte por betún. Para generar una superficie sólida y resistente al tráfico rodado, se fabrica destilando petróleo crudo y mezclándolo después con agregados minerales como grava y arena.
- b. **Pavimento.** - El pavimento es una capa de material construida sobre la superficie del suelo para proporcionar una superficie transitable y utilizable para vehículos, peatones u otros fines. Los pavimentos pueden estar compuestos por una variedad de materiales, como asfalto, concreto, adoquines, grava u otros materiales específicos, dependiendo de las necesidades de la ubicación y el tráfico previsto.
- c. **Pavimento flexible.** - El pavimento flexible es un tipo de superficie vial construida utilizando capas de materiales que tienen la capacidad de deformarse y distribuir las cargas de manera uniforme bajo la presión del tráfico vehicular.
- d. **PCI.** - Es una medida estándar utilizada para evaluar el estado general de un pavimento. Se calcula mediante la inspección visual y la evaluación de varios aspectos del pavimento, como la presencia de grietas, baches, desgaste superficial, deformaciones y otros tipos de deterioro.
- e. **Whitetopping.** - El "Whitetopping" es una técnica de rehabilitación de pavimentos en la cual se coloca una capa de concreto sobre una superficie existente, generalmente asfalto, para mejorar su durabilidad y resistencia. Esta técnica se utiliza comúnmente en carreteras y calles donde el pavimento de asfalto existente ha sufrido deterioro significativo y necesita ser reparado o reforzado.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Hace referencia al conjunto de métodos, técnicas e instrumentos que se utilizan para llevar a cabo una investigación de forma organizada, metódica y rigurosa. Durante este proceso, que comienza con la planificación y continúa con el análisis de los datos recogidos, el objetivo es llegar a conclusiones precisas y fiables que mejoren el conocimiento en un campo determinado. En esencia, la metodología proporciona tanto el marco teórico como las tácticas prácticas que dirigirán el desarrollo del estudio. Estos son los enfoques que se utilizarán. Comprende la selección de métodos adecuados para la recogida y el análisis de datos, la creación de preguntas o hipótesis de investigación y la posterior interpretación de los resultados obtenidos en el estudio. Dado que la correcta aplicación de la metodología garantiza la validez y fiabilidad de los resultados, se ha convertido en un componente esencial del proceso de investigación (Hernández et al., 2018).

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de estudios experimentales es un método de investigación que se enfoca en manipular deliberadamente uno o varios factores independientes con el propósito de analizar cómo estas variables afectan a una variable dependiente, manteniendo un control estricto sobre otras variables de manera organizada y planificada. La capacidad de este

método experimental para establecer relaciones causales entre variables es lo que lo diferencia de otros métodos. En otras palabras, es capaz de evaluar si existe o no una relación directa de causa-efecto entre las variables que se ajustan y las que se observan. Este método se lleva a cabo mediante la asignación aleatoria de participantes o unidades de investigación a diversos grupos experimentales. Esto facilita la gestión de los factores de confusión y reduce los sesgos en los resultados, al tiempo que facilita el control del proceso (Hadi et al., 2023).

Se está llevando a cabo un estudio experimental que incluye ensayos y una evaluación superficial para determinar la condición actual del pavimento de la avenida Enrique Gallegos. Este análisis tiene como objetivo principal facilitar la implementación del tratamiento adecuado. En este caso, se está considerando el método conocido como "Whitetopping".

3.2 Método de la investigación

El método científico es un proceso organizado y metódico utilizado para estudiar fenómenos y obtener conocimiento. Este enfoque se fundamenta en la observación detallada, la formulación de hipótesis, la realización de experimentos y la comprobación de los resultados obtenidos. A través de una recopilación y análisis de datos de manera rigurosa, el objetivo es llegar a conclusiones que sean objetivas y puedan ser reproducidas por otros investigadores. Gracias al método científico, se pueden desarrollar teorías y principios que explican los mecanismos subyacentes de los fenómenos que se investigan. Su aplicación es esencial en todas las disciplinas científicas, ya que es la base para profundizar en el conocimiento y la comprensión de los procesos que rigen el mundo natural (Hadi et al., 2023).

El método científico que implica la recolección de datos para abordar de manera objetiva el problema de investigación relacionado con la evaluación del pavimento de la avenida Enrique Gallegos y el tratamiento mediante el método de Whitetopping.



3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 *Tipo de investigación*

La aplicación de los resultados de la investigación a la resolución de problemas concretos o a la mejora de circunstancias actuales en el mundo real es el principal énfasis del tipo de investigación conocido como investigación aplicada. Este método suele considerarse interdisciplinar, ya que incorpora conocimientos teóricos y prácticos de diversos campos para llegar a soluciones que sean eficaces y viables. Entre las muchas características que son esenciales para la sociedad, las industrias y las disciplinas particulares en las que se lleva a cabo el estudio, los resultados que se producen a partir de la investigación aplicada tienen un impacto directo en la toma de decisiones, la creación de políticas, la mejora de productos o servicios y la optimización de procesos (Pimienta et al., 2018).

Se está llevando a cabo una investigación de tipo aplicada que aborda la problemática del mejoramiento del pavimento de la avenida Enrique Gallegos mediante el método Whitetopping. El objetivo es mejorar la viabilidad y calidad de la vía a través de esta técnica específica.

3.3.2 *Nivel de investigación*

El nivel descriptivo en la investigación se refiere a un enfoque que tiene como objetivo principal detallar las características o propiedades de un fenómeno, situación o grupo de manera clara y precisa. Este nivel se enfoca en observar y documentar los aspectos visibles del objeto de estudio sin intervenir en las condiciones en las que se encuentran. No busca explorar las causas ni los efectos, sino simplemente ofrecer una radiografía o descripción detallada de lo que ocurre. En este tipo de investigación, se recopilan datos cualitativos o cuantitativos a través de diversas herramientas como encuestas, entrevistas, observación directa o análisis documental. El investigador se limita a registrar lo que está ocurriendo en un contexto específico, sin intentar modificar ni manipular las variables presentes. Así, el objetivo es presentar una visión fiel de la situación



tal como es, sin entrar en análisis profundos sobre las relaciones entre los diferentes elementos observados (Reyes, 2022).

El nivel de este estudio es descriptivo, ya que se centra en detallar las condiciones actuales de la vía y el diseño que se ha realizado para la rehabilitación utilizando el método Whitetopping.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

Una «población» es un grupo amplio de personas o elementos que tienen cualidades comparables y que son objeto de la investigación. El término «población» se utiliza durante el proceso de elaboración de una investigación. Esta población puede ser muy amplia, como la totalidad de las personas que habitan en un país, o más específica, como los estudiantes matriculados en una institución educativa particular. Es fundamental definir de manera clara y precisa la población objetivo para asegurar que los hallazgos obtenidos en el estudio puedan ser aplicados y extendidos adecuadamente al grupo específico que se está investigando (Iglesias, 2021).

La población comprende a todos los tramos de la Avenida Enrique Gallegos del Distrito de Ilave que estén contruidos con pavimento flexible y que requieran evaluación y tratamiento.

3.4.2 Muestra

En el proceso de una investigación, la muestra se refiere a un subconjunto seleccionado de la población que se examina y se analiza en detalle. Dado que, por razones de tiempo, recursos financieros y limitaciones logísticas, no siempre es viable estudiar a todos los integrantes de un grupo, se recurre a una muestra para hacer inferencias sobre el conjunto total. Para asegurar que la muestra sea representativa de la población y que los resultados obtenidos puedan ser extrapolados de manera confiable, es

fundamental realizar una selección cuidadosa y aleatoria de los elementos que la conforman (Castillo et al., 2014).

La muestra es la selección representativa de estos tramos, que son elegidos utilizando el método de muestreo, para garantizar que representen adecuadamente las condiciones del pavimento en toda la avenida.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Los enfoques o métodos empleados para recolectar información acerca de las variables de interés en una investigación se conocen como técnicas de recolección de datos. Existen una variedad de métodos que se utilizan comúnmente, entre los cuales se incluyen entrevistas, encuestas, observación directa, grupos focales y análisis documental. La elección del método más apropiado depende de la naturaleza del estudio, los objetivos planteados y las características tanto de la población como de la muestra. Cada técnica tiene sus particularidades y aplicaciones específicas, y su selección adecuada está determinada por estos factores contextuales (Medina et al., 2023).

- Observación
- Análisis minucioso

3.5.2 Instrumentos

En el transcurso de una investigación, los dispositivos específicos empleados para obtener información se conocen como instrumentos de recolección de datos. Dentro de esta categoría se incluyen diversos métodos como encuestas estructuradas, escalas de medición, guías de entrevistas y dispositivos para observación. Es crucial que estos instrumentos se diseñen de manera cuidadosa y detallada para asegurar la validez y confiabilidad de los datos recolectados. Esto requiere que las preguntas sean claras y concisas, que se seleccionen escalas de medición apropiadas, y que los instrumentos sean



validados y sometidos a pruebas piloto antes de su uso definitivo en el estudio (Medina et al., 2023).

- Ensayos.
- Equipos y herramientas.
- Formatos para la realización de cálculos

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación

Se refiere al proceso de determinar si un dispositivo de recogida de datos mide realmente lo que está diseñado para medir, con la máxima precisión y exactitud. Como parte de este procedimiento, es necesario verificar que las preguntas contenidas en un cuestionario, los ítems de una escala de medición o las categorías contenidas en una guía de observación son adecuados y pertinentes para los objetivos de la investigación. La validación de un instrumento puede llevarse a cabo utilizando diversos métodos, como el análisis de contenido, la revisión por pares, la comparación con otros instrumentos válidos y las pruebas piloto, que se utilizan para evaluar el funcionamiento del instrumento en situaciones reales (Medina et al., 2023).

3.6.2 Confiabilidad

La capacidad de un instrumento para proporcionar mediciones que son coherentes y constantes cuando se utiliza en diferentes momentos y en condiciones que son comparables para todas las mediciones que se toman es lo que se entiende por decir que el instrumento es fiable. Un instrumento se considera fiable si produce sistemáticamente los mismos resultados cada vez que se utiliza repetidamente. Esta es una definición sencilla del término. Existen diversos métodos de evaluación que pueden utilizarse para determinar la honestidad de un instrumento (Medina et al., 2023).

3.7 Procedimiento de recolección de datos

Para llevar a cabo el procesamiento necesario para la realización del estudio de caso se utilizó una hoja de cálculo Excel generada de acuerdo con los procesos de la metodología PCI. Se utilizaron distintos tipos de gráficos y tablas, incluidos gráficos de barras, para mostrar los resultados del análisis de datos. Además, se realizaron exámenes de laboratorio para conocer las propiedades del suelo de la avenida Enrique Gallegos, situada en Ilave.

3.7.1 Procedimiento

Selección de los puntos de muestreo

Se realizaron 2 puntos de muestreo en la vía para establecer las características del suelo. Posteriormente, se llevaron a cabo ensayos de análisis granulométrico, ensayos de límites de consistencia, Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio). Estos ensayos proporcionaron información detallada sobre la composición, la plasticidad, la compactación y la capacidad de soporte del suelo en la Avenida Enrique Gallegos, ubicada en el distrito de Ilave.

Figura 3

Localización de la vía estudiada



3.7.2 Ensayos en laboratorio

a. **Límites:** El objetivo principal de esta prueba es determinar la cantidad de partículas plásticas presentes en un material, especialmente las que pueden atravesar un tamiz de malla cuarenta. Una vez realizada la etapa anterior de determinación de los índices de plasticidad y de límite líquido del material, se lleva a cabo este estudio.

Procedimiento LP:

- El límite líquido se mide tomando una muestra de la mezcla que se ha creado con el único fin de medir la misma.
- Para disminuir la cantidad de humedad presente en esta muestra, se le añade tierra seca.
- Al amasar la mezcla con las manos sobre una superficie de vidrio se forman cilindros de unos tres milímetros (3 mm) de diámetro. Para determinar si se ha alcanzado o no el límite plástico, se repite este procedimiento hasta que la mezcla empiece a mostrar signos de agrietamiento.

Figura 4

Medición del contenido de humedad



- El contenido de humedad de la muestra se mide y registra en el preciso instante en que empiezan a aparecer grietas en la muestra.



- La prueba se realiza una o dos veces más para obtener una media del contenido de humedad y comprobar la coherencia de los resultados obtenidos. Esto se hace para garantizar la exactitud y fiabilidad de los resultados.
- Para determinar el límite plástico, se tienen en cuenta los porcentajes medios de humedad obtenidos en las distintas pruebas realizadas.
- Si la discrepancia entre los resultados obtenidos en las pruebas es superior a dos puntos porcentuales, se aconseja repetir la operación para garantizar que la medición es correcta.

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento LL:

- Se utiliza una cápsula de porcelana para producir una combinación de tierra y agua homogénea.
- Se vierte una porción de esta mezcla en la taza Casagrande y se mide el espesor de la mezcla para que sea de aproximadamente un centímetro.
- Se crea una ranura en el centro de la muestra utilizando una herramienta diseñada para ranurar. A continuación, se levanta y se baja el vaso a razón de dos gotas por segundo mediante la manivela.
- Hasta que ambas partes de la muestra estén en el fondo de la ranura, se repite este procedimiento hasta cubrir una distancia de media pulgada (1,27 cm).
- Se lleva un registro del número de gotas que son necesarias para que las dos mitades entren en contacto con la base de la ranura.
- Se utiliza una espátula para retirar la muestra de suelo que se ha adherido a la ranura y, a continuación, se pesa la muestra para calcular la cantidad de humedad que contiene.

- Se retira la suciedad que aún queda en el vaso Casagrande y, a continuación, se ajusta la mezcla en la cápsula de porcelana añadiendo agua adicional o tierra seca según sea necesario. Esto se hace asegurándose de que el número de golpes esté entre 15 y 35.
- La curva de fluidez se representa en un gráfico semilogarítmico, con el número de caídas situado en el eje logarítmico (eje horizontal) y el contenido de humedad situado en el eje lineal (eje vertical). A continuación, se construye el gráfico utilizando la curva de fluidez.
- Por último, se determina el punto de la curva que corresponde a 25 caídas. Este punto se utiliza entonces para establecer el valor del límite líquido del suelo (también conocido como límite líquido).

$$LL = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento índice plástico:

$$IP = LL - LP$$

b. Análisis granulométrico: El objetivo principal del análisis granulométrico es determinar la distribución de los distintos tamaños de partículas presentes en los agregados. Es esencial conocer esta información, ya que ofrece datos específicos sobre las características físicas de los materiales y su comportamiento o rendimiento en diversas aplicaciones prácticas.

Procedimiento:

- Realice una evaluación para determinar si es o no esencial secar el suelo antes de comenzar el examen granulométrico para garantizar que los resultados sean fiables.
- Es necesario lavar la fracción fina del suelo para eliminar los elementos solubles o no deseados.
- Para facilitar el proceso de tamizado, la muestra lavada en estufa debe secarse completamente, es decir, debe eliminarse toda la humedad presente.



- Para comenzar con el tamizado de la muestra seca, será necesario hacer uso de un juego de tamices, asegurándose de que están colocados en la secuencia adecuada y de que están bien sujetos.
- Anote la masa total de la muestra enviada para el análisis, así como el peso de los residuos retenidos en cada tamiz.
- Para obtener los porcentajes de masa retenida y pasante en cada tamiz, primero debe determinar la masa global de la muestra y, a continuación, calcular sus resultados.
- Cree un gráfico que represente el % de masa acumulada en función del tamaño de las partículas y, a continuación, cree un gráfico que represente la distribución granulométrica. Esto le permitirá obtener una representación visual de la composición granulométrica del suelo.

c. Proctor modificado: En el campo de la ingeniería geotécnica y los pavimentos, el ensayo Proctor Modificado es una prueba fundamental que se utiliza para encontrar las circunstancias óptimas para la compactación del suelo. Su objetivo es establecer las mejores condiciones para la compactación del suelo. El propósito principal de esta prueba es producir la mayor densidad seca del suelo utilizando la menor cantidad de agua posible. Se trata de un objetivo esencial en la construcción de cimientos, carreteras y otras estructuras que requieren suelos sólidos y estables. A continuación, se ofrece una descripción completa del método de esta prueba.

Procedimiento:

- Antes de comenzar el método, debe elegir una muestra de suelo que sea representativa de la zona y pese entre 2,5 y 3 kilogramos. Asegúrese de que la muestra de suelo esté totalmente seca.
- Para conseguir una granulometría homogénea del suelo, es necesario filtrar la muestra con el fin de eliminar las partículas de tamaño superior al permitido por el tamiz nº 4.



- Para que la muestra esté lista para el proceso de compactación, es necesario humedecerla gradualmente hasta que alcance una consistencia algo húmeda.
 - Para evitar la pérdida de material durante el proceso de compactación, es importante asegurarse de que el molde Proctor está provisto de collares adicionales antes de colocar la muestra en su interior. El material se compacta en cinco capas, y se aplican 56 golpes a cada capa utilizando un martillo de caída libre desde una altura de 0,45 metros. Cada uno de los datos se registra con gran detalle.
 - Se toman dos muestras de cien gramos cada una y se pesan. Tome una muestra de la parte superior del molde comprimido, y la otra muestra de la parte inferior del molde.
 - Para obtener un valor de referencia inicial, es necesario anotar el peso del molde junto con la placa base antes de iniciar el proceso de compactación.
 - Posteriormente, la muestra compactada y aún húmeda debe ser colocada en una estufa para su secado, siendo imperativo registrar todos los datos pertinentes durante el proceso.
 - La densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad que se obtienen de este ensayo son indicaciones importantes para el diseño de la compactación del suelo en proyectos de construcción. Estos indicadores garantizan que el suelo cumple las normas necesarias para soportar las estructuras de forma aceptable.
- d. **CBR:** Para determinar la resistencia del suelo investigado, se realiza el ensayo CBR. Los resultados de esta prueba se presentan en forma de porcentaje. Comparando este índice con el de materiales estándar, es posible determinar si el suelo es adecuado o no para su uso en las diferentes capas del pavimento, incluyendo la subrasante, la subbase, la base y el pavimento, entre otras. A continuación, se expone el procedimiento operativo estándar para llevar a cabo este examen.

Procedimiento:

- Pude recoger una muestra que es indicativa del material que se va a comprimir. Para evaluar el contenido de humedad, así como el Índice de Densidad Máxima en Seco (MDS), se utilizó un molde para cada prueba CBR. A este molde se le inyectaron 5 kilogramos del material elegido para obtener la información necesaria.
- Con el fin de garantizar que la compactación fuera suficiente, se utilizó un método dinámico dentro del molde para llevar a cabo el proceso de compactación. Este método implicó la aplicación de una cantidad particular de energía y agua, que se determinó de manera tecnológica.
- Dependiendo de las características de la muestra, se emplearon entre tres moldes diferentes y se realizaron diversos números de golpes (12, 26 y 55 por capa) con el fin de crear un conjunto de datos indicativos del comportamiento del material a diversos grados de compactación.

Figura 5

Golpes de capas



- Una vez concluido el proceso de compactación, se retiró el collar del molde y se alisó la superficie de la probeta que se había compactado. Esto se hizo para reducir los

huecos y comprimir el material sobrante, lo que finalmente dio como resultado una superficie nivelada y uniforme. Se registraron correctamente todos los datos obtenidos de las mediciones y observaciones realizadas a lo largo del procedimiento y se procesó un examen exhaustivo del material contenido en el molde.

3.7.3 Procedimiento de la Evaluación superficial

El trabajo de campo es el paso inicial del proceso, durante el cual se detectan los daños teniendo en cuenta su naturaleza, grado de gravedad y extensión global. Esta información se documenta en formularios específicamente concebidos para ello. La fase inicial comprende el trabajo de campo, que es el proceso mediante el cual se reconocen los daños tomando en consideración su clasificación, gravedad y extensión de forma individual.

Para determinar la longitud de cada unidad de muestreo, hay que empezar midiendo la parte de la sección que se va a estudiar. Es esencial asegurarse de que las regiones objeto de muestreo se mantienen adecuadamente para garantizar que el muestreo es representativo de la población. Durante el proceso de inspección, se documenta por separado cada unidad de muestreo elegida para su examen y se identifican la naturaleza, la gravedad y el número de defectos presentes en ella. Cada uno de estos datos debe anotarse minuciosamente. Para comprobar cada unidad de muestra, se repite este método para cada unidad individual.

Los valores que se restan de cada daño se utilizan en el cálculo del (PCI) de las unidades de muestreo. En este cálculo se tienen en cuenta tanto la extensión de los daños registrados como su gravedad. El cálculo del ICP se ha dividido en las siguientes fases para simplificarlo y hacerlo más comprensible:

Paso 1

La columna «Total» de la hoja de datos de campo es donde se informa de la suma de las cantidades de cada tipo de daño y nivel de gravedad tras la totalización de las cantidades.

Es posible medir los daños en términos de superficie, longitud o cantidad, dependiendo del tipo de daño que se haya producido.

Tabla 3

Tipos de falla

Unidad de medición	Descripción	Tipo de falla
m ²	Piel de Cocodrilo	N° 1
m ²	Exudación	N° 2
m ²	Fisuras en Bloque	N° 3
m ²	Abultamientos y Hundimientos	N° 4
m ²	Corrugación	N° 5
m ²	Depresión	N° 6
ml	Grieta de Borde	N° 7
ml	Grieta de reflexión de junta	N° 8
	Desnivel Carril/Berma	N° 9
ml	Grietas Longitudinales y Transversales	N° 10
m ²	Parcheo	N° 11
m ²	Pulimiento de Agregados	N° 12
m ²	Huecos	N° 13
m ²	Cruce de vía férrea	N° 14
m ²	Ahuellamiento	N° 15
m ²	Desplazamiento	N° 16
m ²	Grieta Parabólica	N° 17
m ²	Hinchamiento	N° 18
m ²	Meteorización	N° 19

Para determinar la proporción de cada categoría de daños en cada nivel de gravedad, se dividió la cantidad total de daños por la superficie de la unidad de muestreo.



Esto permitió calcular el porcentaje. Este porcentaje es una representación de la densidad de daños dentro de la unidad de estudio en el nivel de severidad que se fijó.

De acuerdo con el tipo de pavimento que se inspeccionó, el Valor Estimado se calculó empleando curvas o tablas que se denominaron «valor estimado del daño». Esto se hizo para cada tipo de daño y el grado de severidad del mismo.

Paso 2:

El número máximo de valores que se pueden restar (m) viene determinado por lo siguiente:

Si ninguno de los valores que se han estimado es superior a 2, o si sólo se ha estimado uno de los valores, utilizaremos el valor total estimado en lugar del valor estimado corregido (VDC). De no ser así, habrá que recurrir a las acciones b y c.

A continuación, se enumeran, en orden descendente, los valores individuales que se han sustraído. Para calcular el IPC de la unidad de muestreo, primero hallamos el número máximo de valores estimados (m) empleando la ecuación que incluye lo siguiente:

$$m_i = 1.00 + 9 / 98 * (100 - HDV_i)$$

Paso 3:

Cálculo del máximo valor estimado corregido (CDV):

- Determine el número de valores que se han restado (q) que son mayores que 2.
- Cuando sume todos los valores sustraídos, obtendrá la cantidad total que se ha sustraído.
- Determine el VCD utilizando la q y el valor total sustraído en la curva de corrección, teniendo en cuenta el tipo de pavimento por el que circula el vehículo.
- Siguiendo los pasos «a» a «c», disminuimos a 2 el valor que sea el menor de los valores individuales que se han restado y que sea mayor que 2.



- Se determina que el mayor valor de los VCD producidos durante el procedimiento de iteración indicado es el VCD máximo.

Paso 4:

Calculamos el PCI restando el máximo CDV de 100:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Donde:

PCI: Índice de condición presente

Máx. CDV: Máximo valor corregido estimado

3.8 Procesamiento y análisis de datos

En el contexto de esta fase, el objetivo principal es transformar los datos recopilados en conocimientos útiles que puedan servir de base para tomar decisiones con conocimiento de causa. Para ello, es necesario hacer uso de métodos y herramientas especializados con el fin de llevar a cabo un análisis completo de los datos. De este modo se tendrá la seguridad de que la información recopilada es exacta, fidedigna y pertinente para el proceso de toma de decisiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En la siguiente parte, se presentan los resultados del examen de la alternativa de pavimentación y tratamiento de la Avenida Enrique Gallegos, en la zona de llave. Estos resultados se presentarán en forma de gráficos y tablas, y se acompañarán de una valoración de su importancia.

4.1.1 *Evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Enrique Gallegos*

Se ha llevado a cabo una evaluación detallada de la superficie del pavimento flexible en la Avenida Enrique Gallegos, ubicada en el distrito de llave. Durante esta evaluación, se han identificado diversas fallas en el pavimento, lo que ha motivado la aplicación del (PCI).

Al utilizar el PCI en la Avenida Enrique Gallegos, se podrá cuantificar de manera objetiva el grado de deterioro del pavimento y priorizar las acciones necesarias para su reparación y conservación a fin de garantizar la seguridad vial y prolongar la vida útil de la infraestructura vial en esta importante vía de circulación.

a) Muestreo

Tramo estudiado: 00+000 a 01+000

Longitud de vía: 1000 m

Ancho de calzada: 10 m

Área de muestra: 250 m²

DONDE:

N= 40 Número Total de muestras

S= 10 Desviación estándar

E= 5 % Error aceptable

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

N= 10.64 =10

Se obtendrá 40 unidades de muestra de los cuales se deberán evaluar 11 muestras.

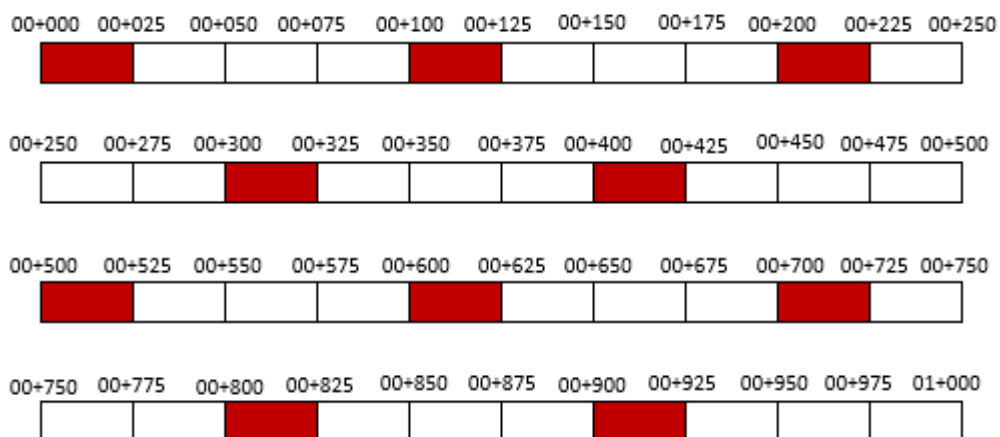
b) Selección de unidades de muestreo

Se realizo por la siguiente formula:

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

Figura 6

Muestreo para la evaluación



Donde "i" representa el intervalo de muestreo que nos daría un valor de 3.64 cuando se redondea. Dado que el intervalo de muestreo debe ser un número entero, lo redondeamos a 4. Por lo tanto, nuestro muestreo quedaría definido de la siguiente manera:

Se presentan las muestras que se tomarán en cuenta para la evaluación utilizando el método del PCI en la Avenida Enrique Gallegos, ubicada en el distrito de Ilave.

c) Fallas encontradas

Tabla 4

Fallas encontradas

PROGRESIVA		TIPO	DIMENSIÓN			CONDICIÓN	CARRIL		
Inicio	Fin		Prof	Grieta	Diámetro			Largo	Ancho
00+000	00+025	1				8.52m	1.00m	H	Derecho
		10		15mm		11.34m		M	Izquierdo
		10		77mm		12.56m		H	Derecho
		7				14.58m		M	Izquierdo
00+025	00+050	1				4.20m	0.58m	H	Derecho
		10		3mm		3.60m		L	Izquierdo
00+050	00+075	13	61mm		960mm			H	Derecho
00+075	00+100	1				4.54m	0.65m	M	Derecho
00+100	00+125	13	45mm		420mm			M	Derecho
		7				8.85m		H	Derecho
		10		6mm		10.16m		M	Izquierdo
		7				8.32m		H	Izquierdo
		1				7.85m	1.09m	M	Izquierdo
00+125	00+150	15	13mm			1.65m	0.75m	M	Derecho
00+150	00+175								
00+175	00+200	7		10mm		12.05m		M	Izquierdo
		10		3mm		2.15m		L	Derecho
00+200	00+225	15	14mm			3.67m	1.58m	M	Derecho
		7				15.59m		M	Derecho
00+225	00+250	1				4.80m	0.40m	L	Derecho
00+250	00+275	13	70mm		600mm			H	Izquierdo
00+275	00+300								
00+300	00+325	10		17mm		3.82m		M	Derecho
		7				10.00m		L	Derecho
		13	61mm		960mm			H	Derecho
		1				7.54m	1.38m	M	Derecho
		13	75mm		654mm			H	Izquierdo
		1				5.20m	1.54m	M	Derecho



	17	40mm	0.60m	0.93m	H	Derecho
00+325 00+350	1		2.35m	1.09m	M	Derecho
	10	11mm	5.60m		M	Izquierdo
00+350 00+375						
00+375 00+400	7		4.85m		H	Derecho
	7	5mm	6.24		M	Derecho
00+400 00+425	10	6mm	7.00m		M	Izquierdo
	7		6.38m		L	Derecho
	1		4.04m	1.08m	H	Derecho
	13	80mm			H	Derecho
00+425 00+450	10	6mm	16.18m		L	Izquierdo
	10	12mm	5.21m		M	Derecho
00+450 00+475	7		12.05m		M	Izquierdo
00+475 00+500						
00+500 00+525	10	13mm	6.87m		M	Derecho
	10	3mm	10.73m		L	Izquierdo
	7		12.74m		M	Izquierdo
00+525 00+550	13	58mm	587mm		H	Derecho
00+550 00+575						
00+575 00+600	17	7mm	2.21m	9.00m	L	Derecho
	1		2.34m	0.90m	M	Derecho
00+600 00+625	9	65mm	10.64m		M	Derecho
	1		4.80m	1.62m	H	Izquierdo
	7		6.21m		L	Izquierdo
	7		5.48m		M	Izquierdo
00+625 00+650	10	3mm	6.75m		L	Derecho
	13	70mm	650mm		H	Derecho
00+650 00+675	10	10mm	7.80m		M	Izquierdo
00+675 00+700						
00+700 00+725	10	13mm	7.40m		H	Izquierdo
	12		1.89m	1.00m	M	derecho
00+725 00+750	10	8mm	4.70m		L	Izquierdo
00+750 00+775						
00+775 00+800						
00+800 00+825	13	68mm	730mm		H	Izquierdo
00+825 00+850						
00+850 00+875	1		4.60m	1.15m	H	Derecho
00+875 00+900	3		6.27m	3.98m	L	Derecho
00+900 00+925	13	61mm	960mm		H	Derecho

00+925	00+950						
00+950	00+975	1			5.14m	1.28m	H Derecho
00+975	01+000	13	61mm	680mm			H Derecho

d) Evaluación de las fallas por el método PCI

Tabla 5

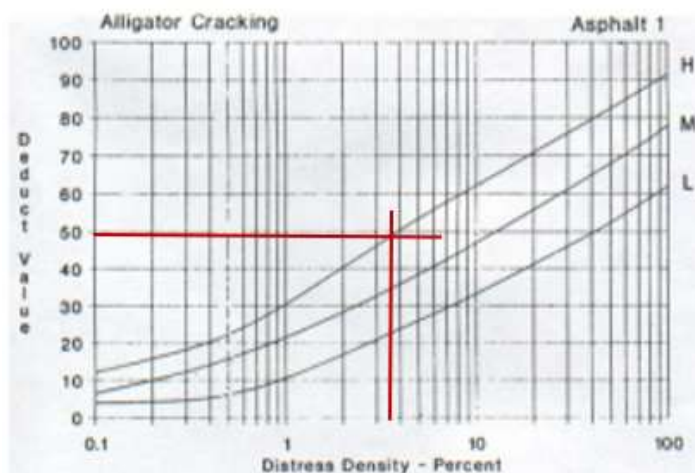
Evaluación del tramo 1

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
1	H	8.52	3.41%	49.78	95.31	4	54.49
7	M	14.58	5.83%	10.98	87.17	3	56.31
10	M	11.34	4.54%	10.14	78.19	2	57.84
10	H	12.56	5.02%	24.41	55.78	1	55.54
TOTAL					95.31		58
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							42%

Durante la evaluación del tramo 1, se determinó un (PCI) del 42%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "regular".

Figura 7

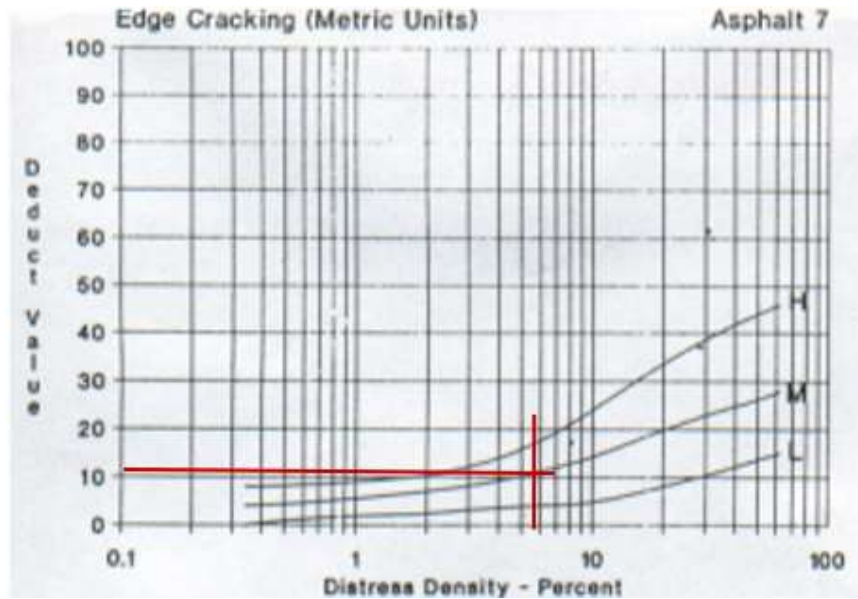
Valor estimado de la falla 1



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 1 clasificado por el PCI.

Figura 8

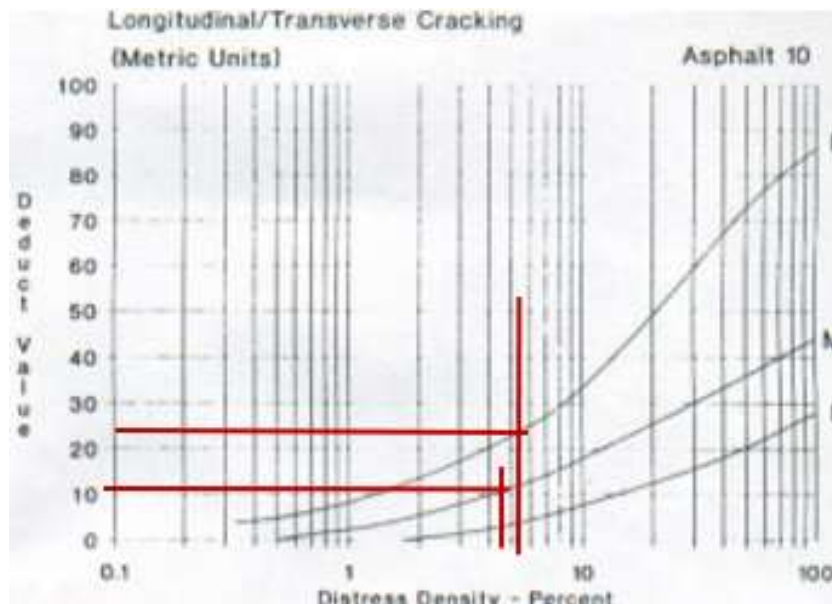
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 9

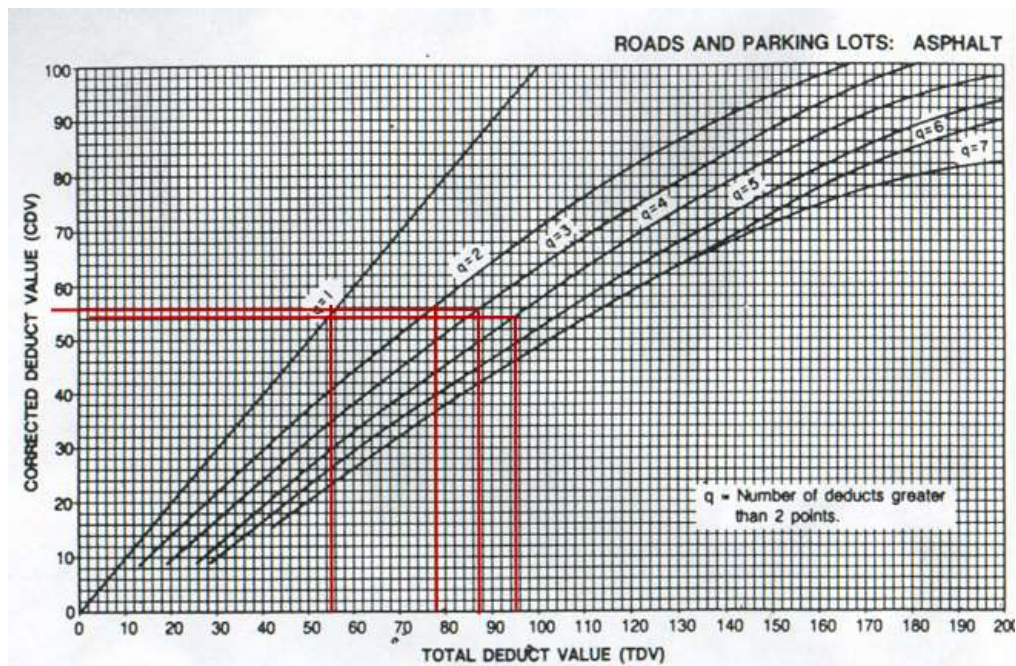
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 10

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar los valores estimados corregidos finales.

Tabla 6

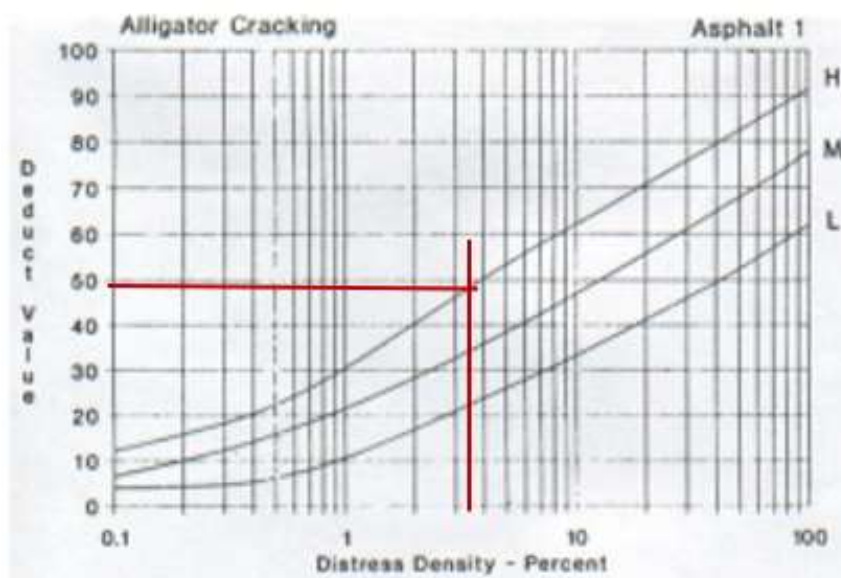
Evaluación del tramo 5

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
1	H	8.56	3.42%	49.89	100.1	4	59.12
7	H	8.85	8.32	6.87%	19.87	3	60.52
10	M	10.16	4.06%	10.24	74.00	2	54.00
13	M	1	0.40%	20.09	55.9	1	56.10
TOTAL				100.10			61
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							39%

Durante la evaluación del tramo 5, se determinó un (PCI) del 39%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "malo".

Figura 11

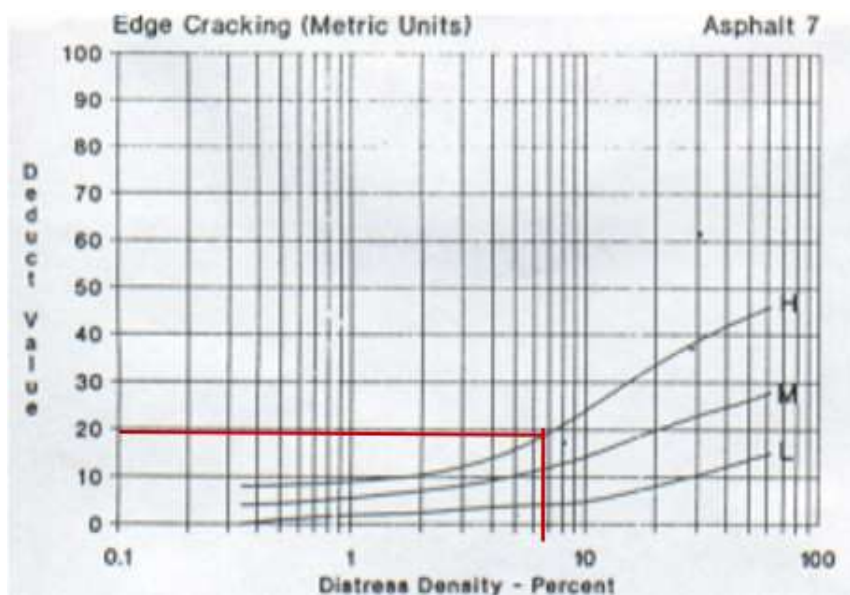
Valor estimado de la falla 1



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 1 clasificado por el PCI.

Figura 12

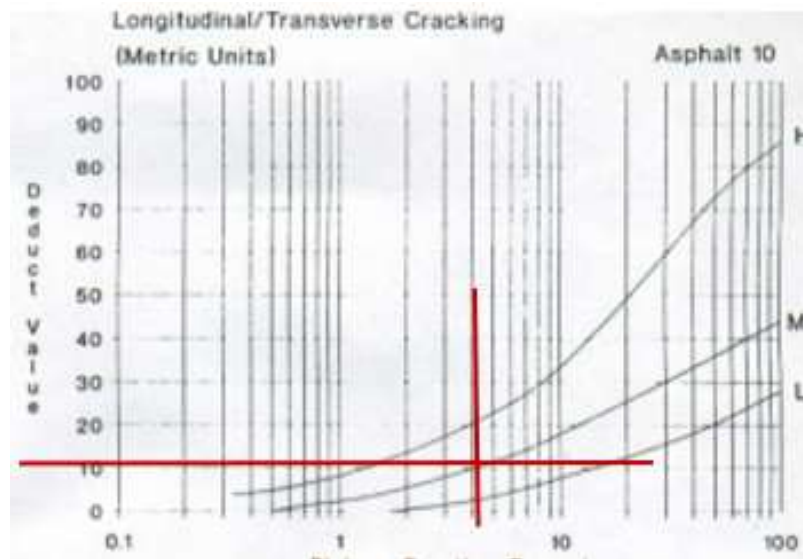
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 13

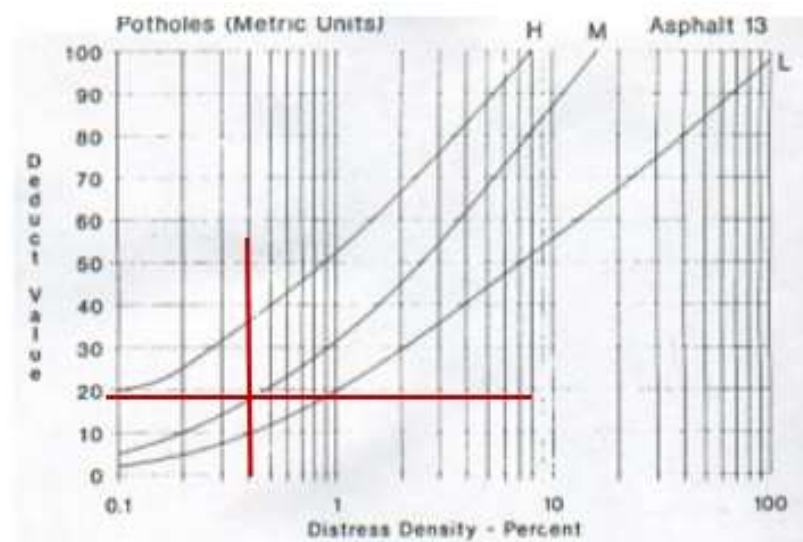
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 14

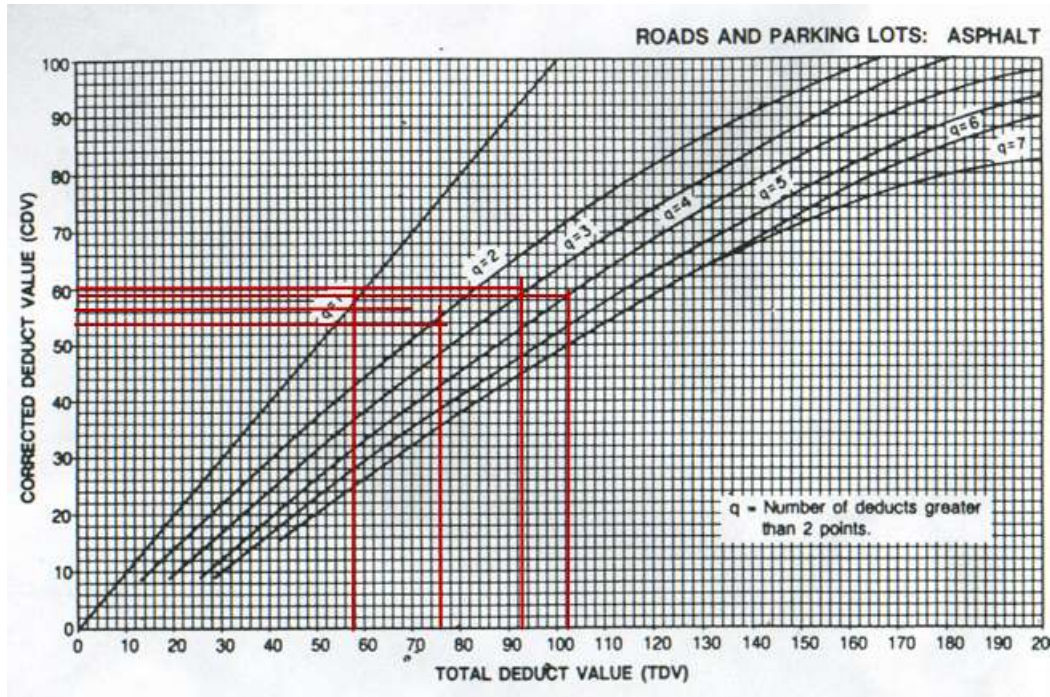
Valor estimado de la falla 13



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 13 clasificado por el PCI.

Figura 15

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 7

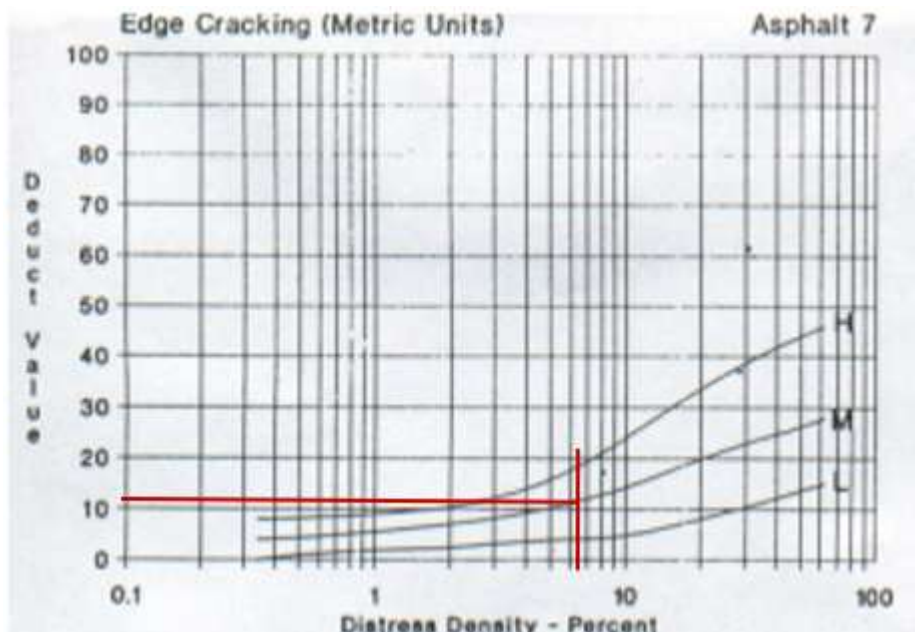
Evaluación del tramo 9

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
7	M	15.59	6.24%	10.68	38.8	2	28.79
15	M	5.80	2.32%	28.14	30.1	1	30.51
TOTAL				38.82			31
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							69%

Durante la evaluación del tramo 9, se determinó un (PCI) del 69%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "bueno".

Figura 16

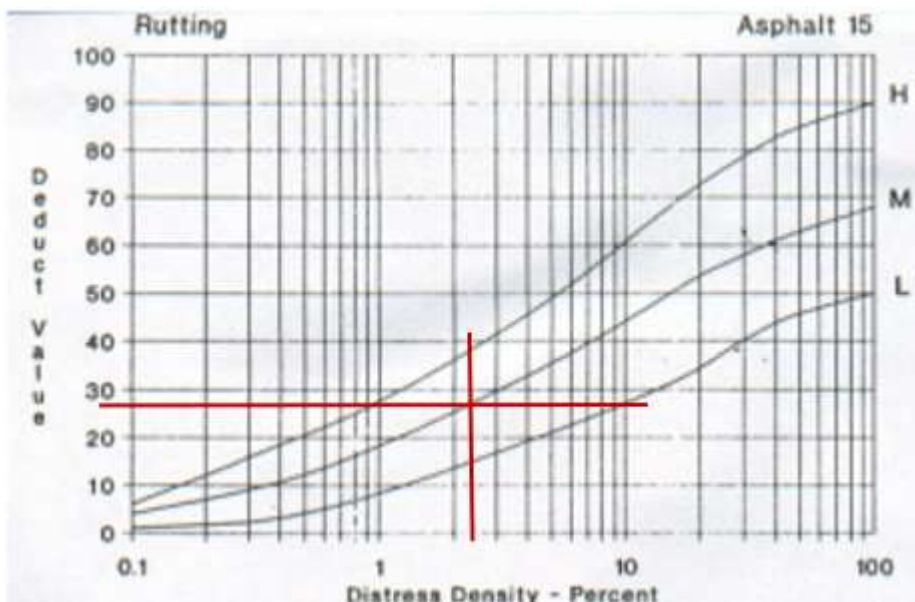
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 17

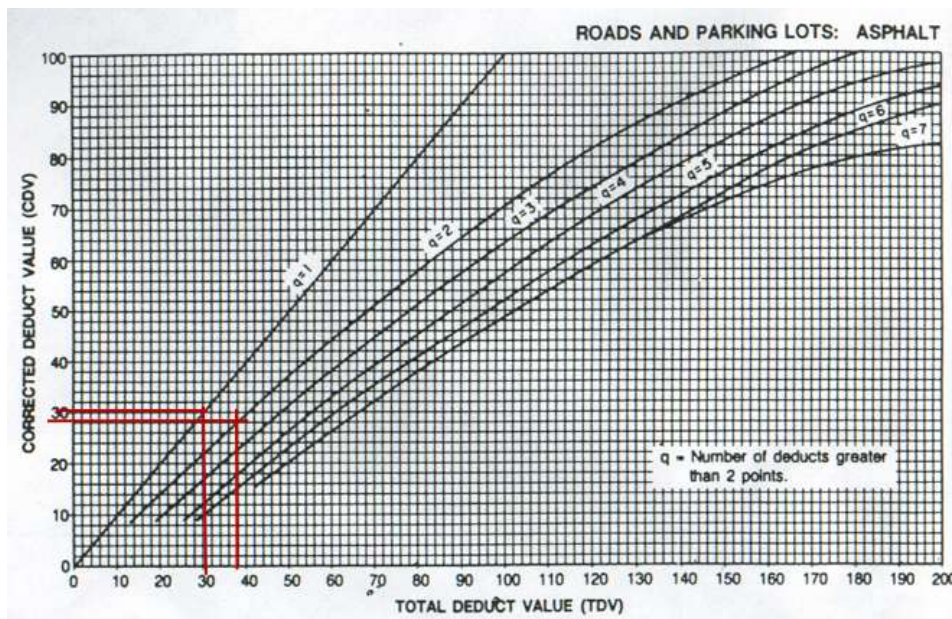
Valor estimado de la falla 15



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 15 clasificado por el PCI.

Figura 18

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 8

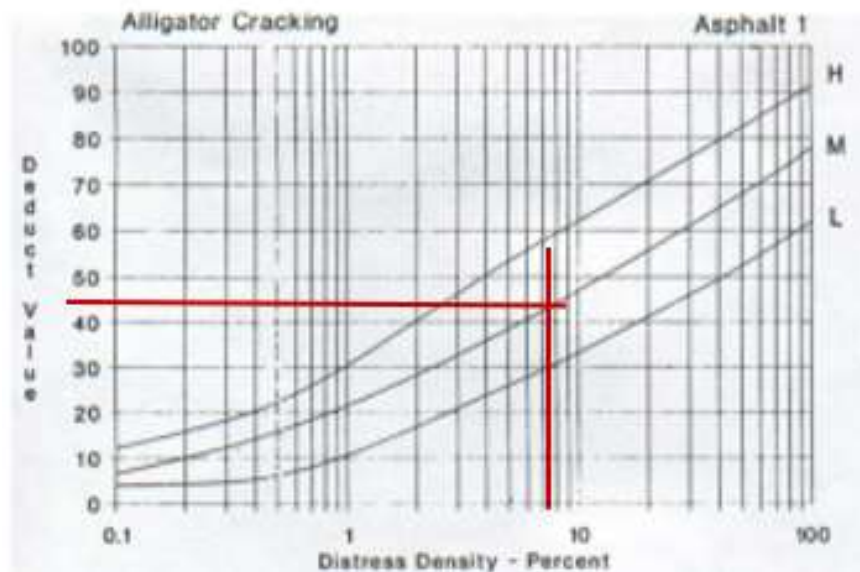
Evaluación del tramo 13

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC	
1	M	10.41	8.008	7.37%	43.85	113.7	5	60.06
7	L	10.00		4.00%	4.97	110.7	4	64.37
10	M	3.82		1.53%	5.07	107.6	3	68.00
13	H	1.00	1.00	0.80%	50.14	100.0	2	70.51
17	H	0.56		0.22%	9.64	58.1	1	58.10
TOTAL					113.67		71	
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							29%	

Durante la evaluación del tramo 13, se determinó un (PCI) del 29%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "malo".

Figura 19

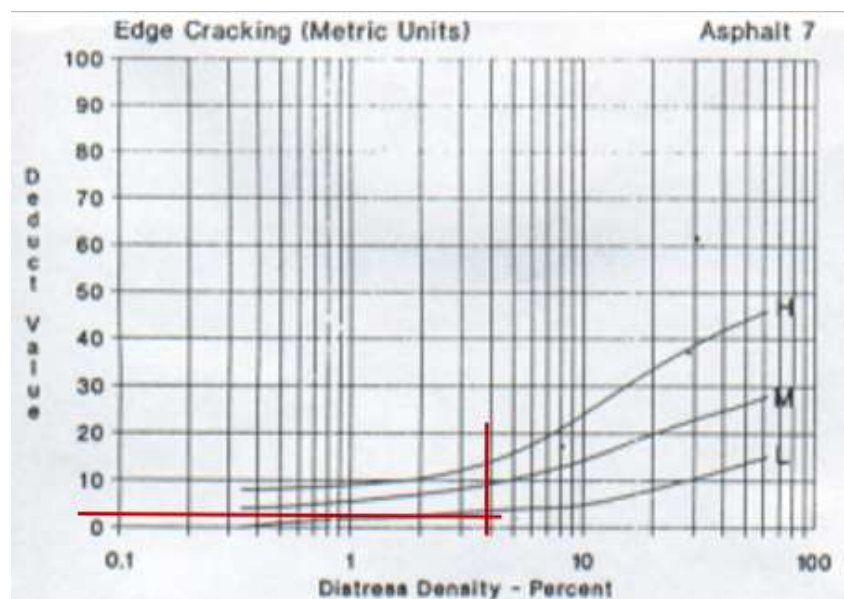
Valor estimado de la falla 1



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 1 clasificado por el PCI.

Figura 20

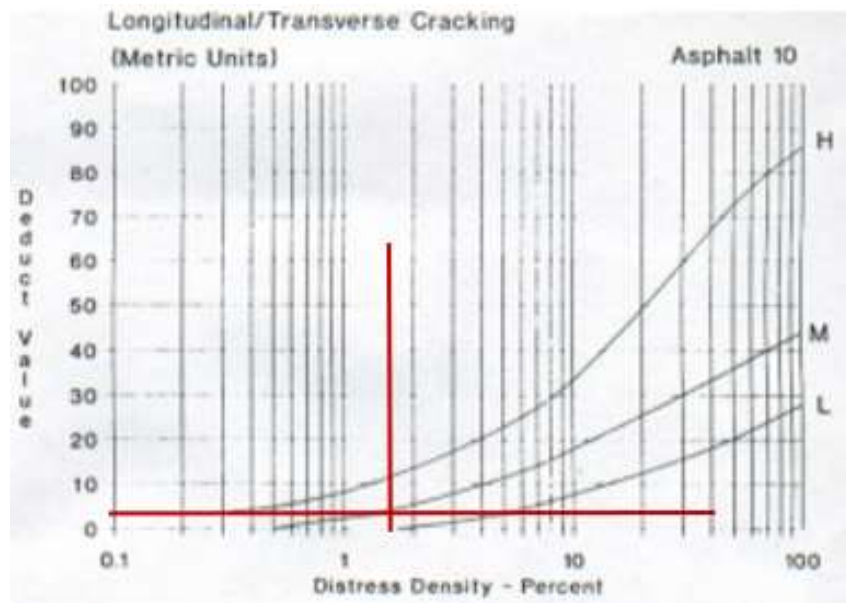
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 21

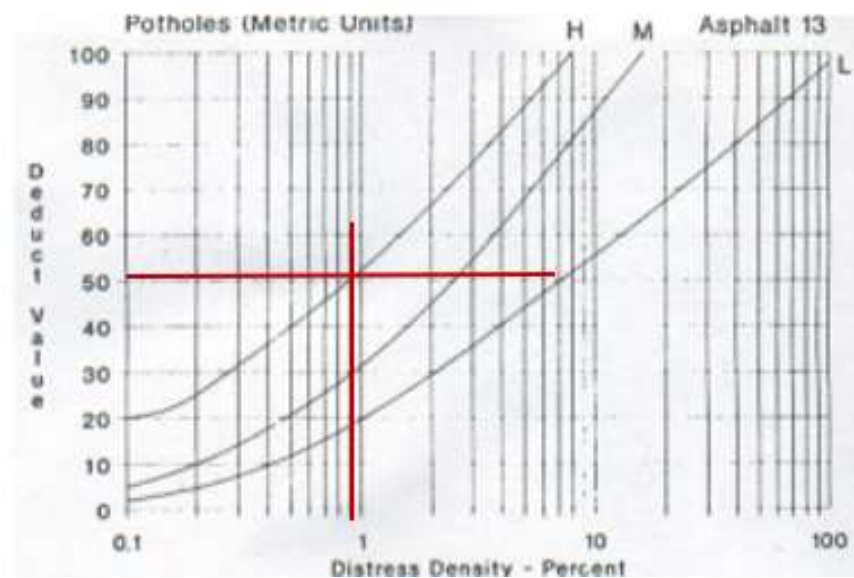
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 22

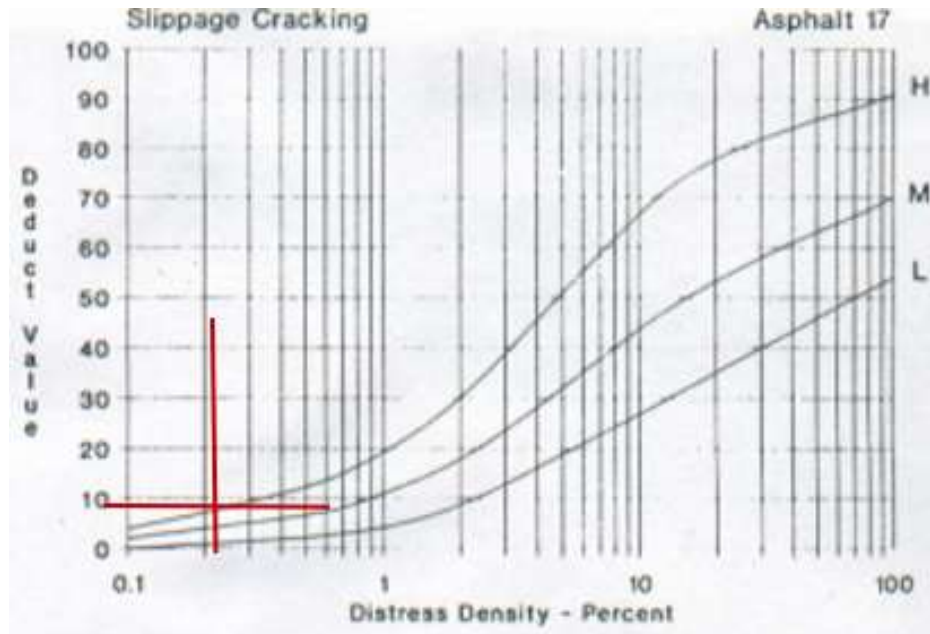
Valor estimado de la falla 13



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 13 clasificado por el PCI.

Figura 23

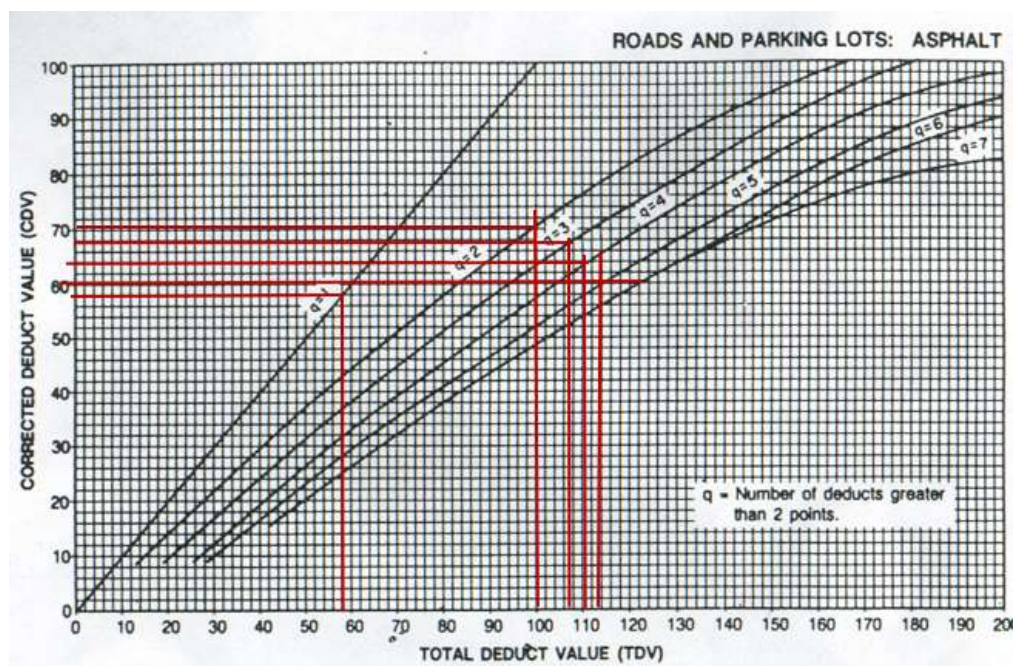
Valor estimado de la falla 17



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 17 clasificado por el PCI.

Figura 24

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 9

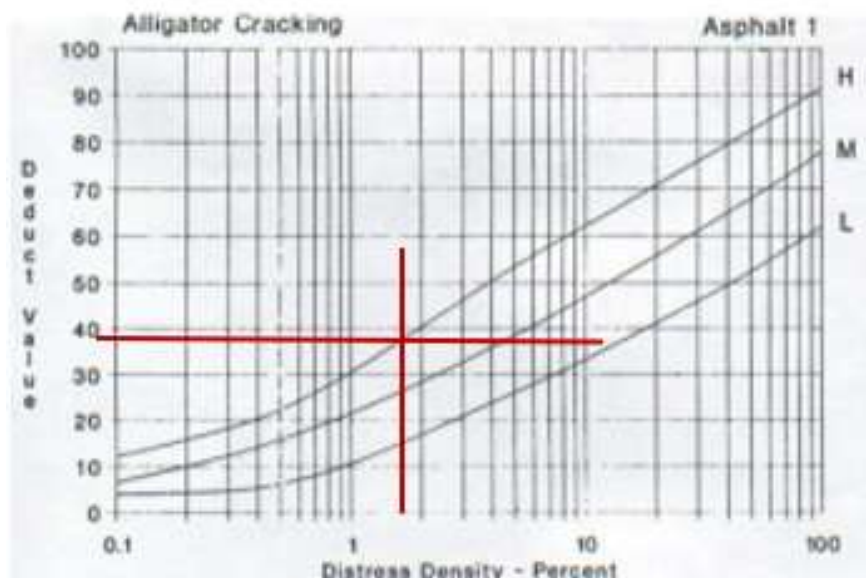
Evaluación del tramo 17

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
1	H	4.36	1.75%	39.26	91.5	4	52.21
7	L	6.38	2.55%	4.26	89.2	3	56.08
10	M	7.00	2.80%	9.91	81.3	2	58.52
13	H	1.00	0.40%	38.02	45.3	1	45.30
TOTAL				91.45			59
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							41%

Durante la evaluación del tramo 17, se determinó un (PCI) del 41%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "Regular".

Figura 25

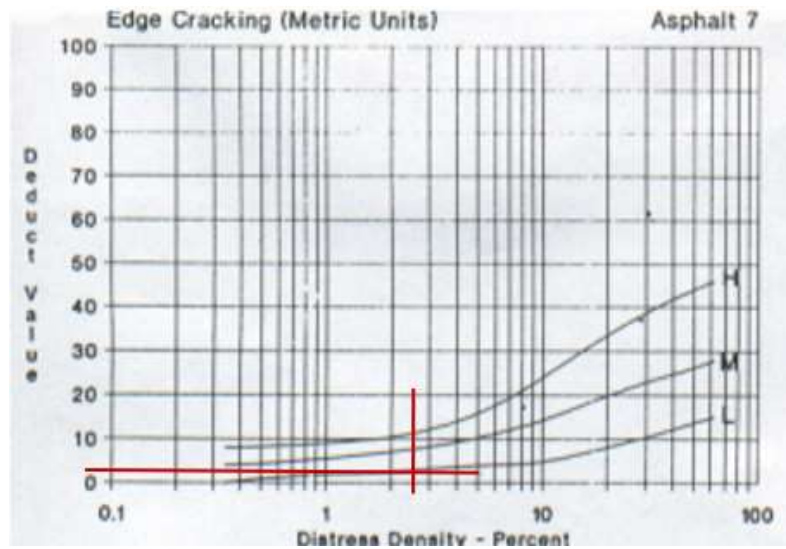
Valor estimado de la falla 1



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 1 clasificado por el PCI.

Figura 26

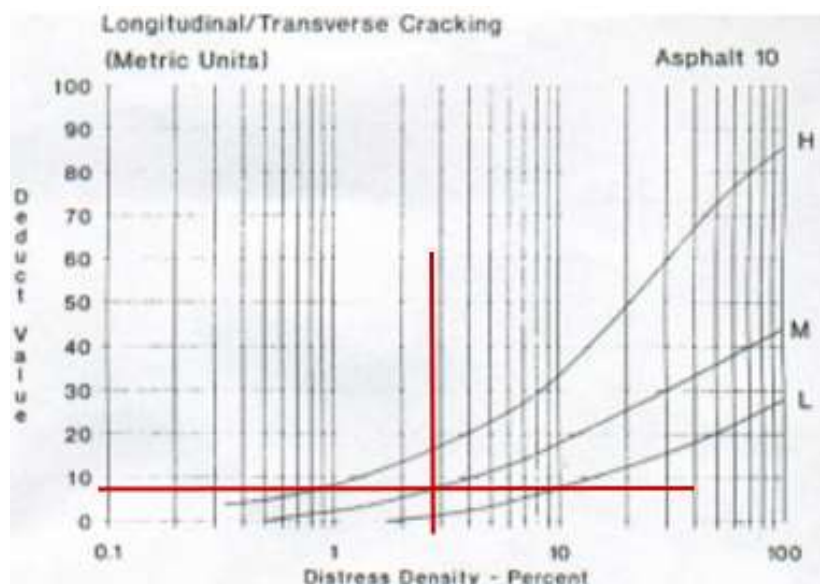
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 27

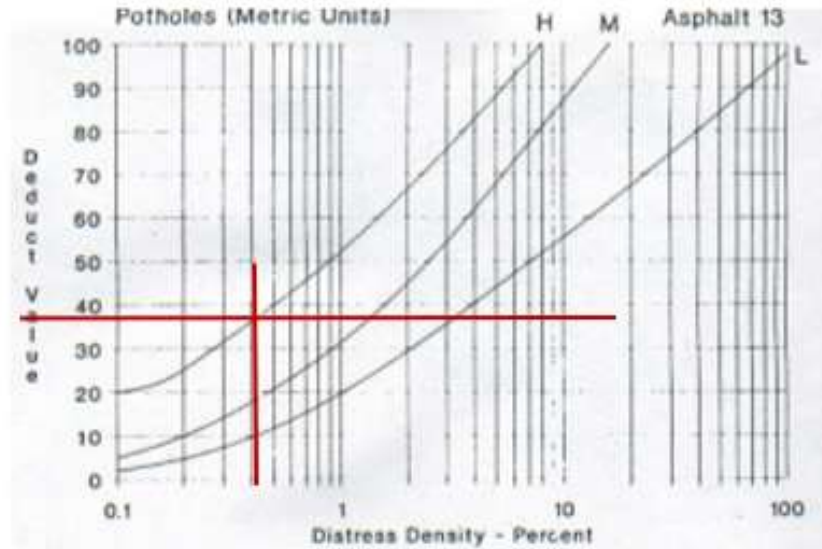
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 28

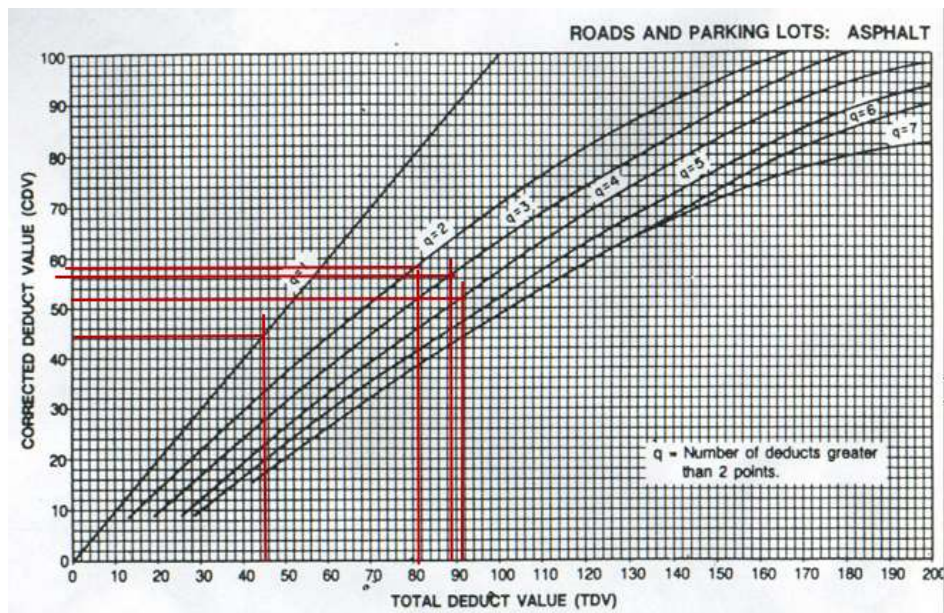
Valor estimado de la falla 13



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 13 clasificado por el PCI.

Figura 29

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 10

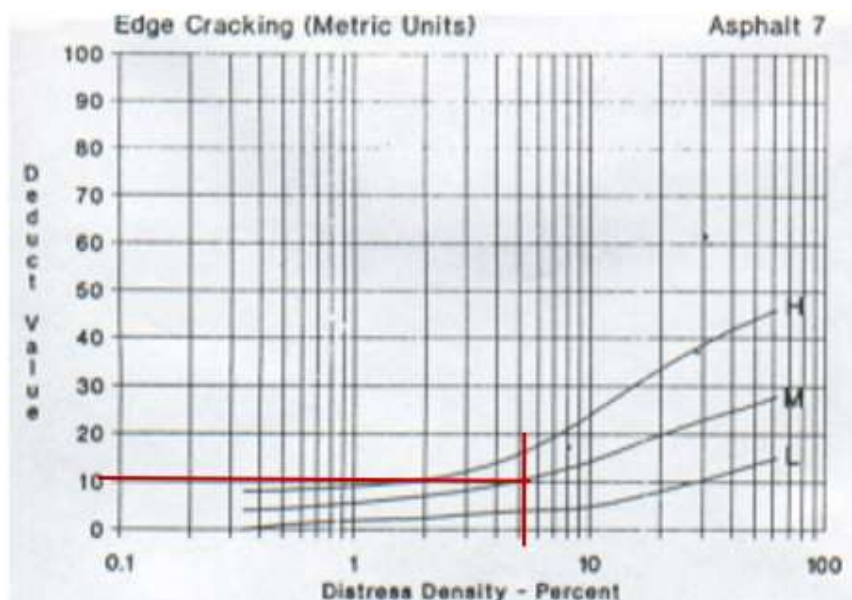
Evaluación del tramo 21

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC	
7	M	12.74	5.10%	10.98	25.2	3	14.44	
10	L	10.73	4.29%	4.25	23.0	2	16.87	
10	M	6.87	2.75%	9.98	15.0	1	15.00	
		TOTAL		25.21			17	
		PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)						83%

Durante la evaluación del tramo 21, se determinó un (PCI) del 83%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "muy bueno".

Figura 30

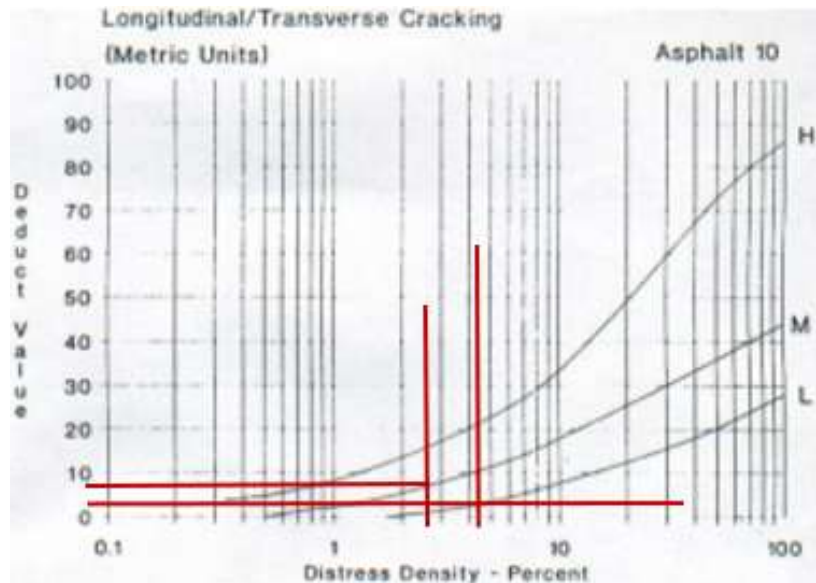
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 31

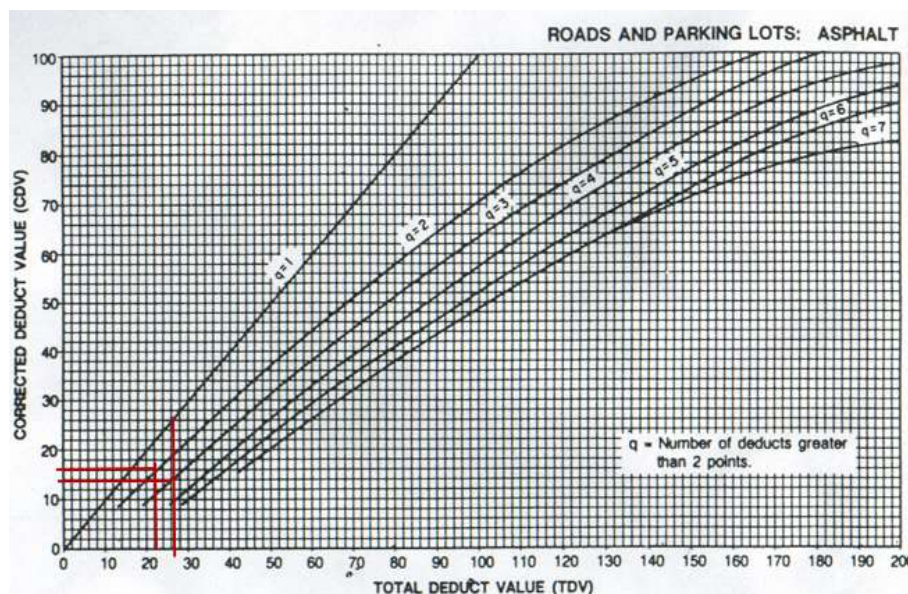
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 32

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 11

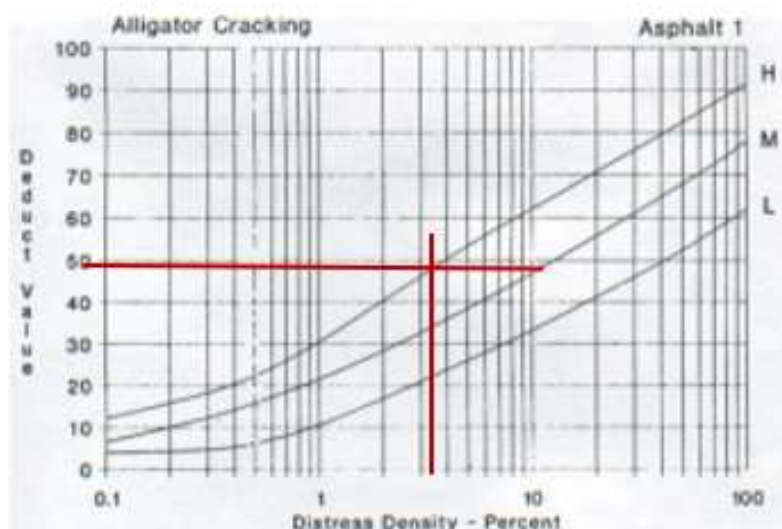
Evaluación del tramo 25

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
1	H	7.78	3.11%	48.87	71.8	4	39.56
7	L	6.21	2.48%	4.15	69.7	3	44.52
7	M	5.48	2.19%	8.67	63.0	2	46.08
9	M	10.64	4.26%	10.13	54.9	1	55.85
TOTAL				71.82			56
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							44%

Durante la evaluación del tramo 25, se determinó un Índice de Condición del Pavimento (PCI) del 44%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "regular".

Figura 33

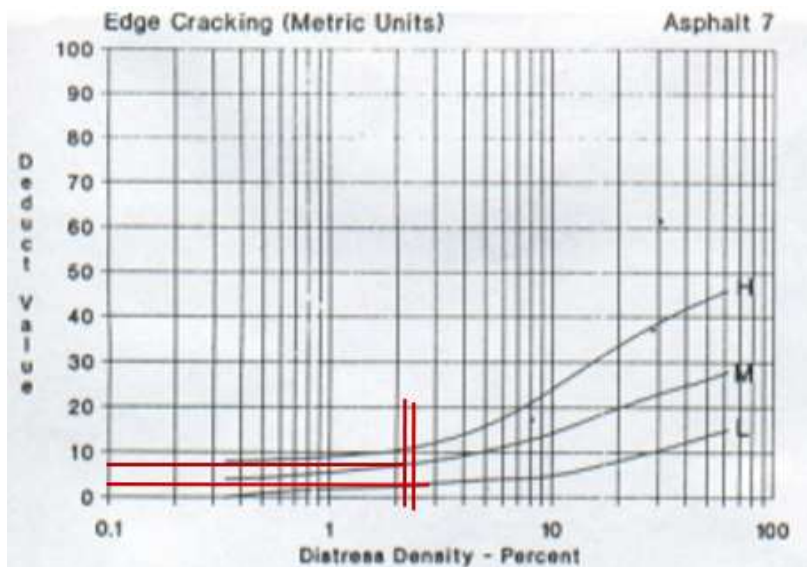
Valor estimado de la falla 1



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 1 clasificado por el PCI.

Figura 34

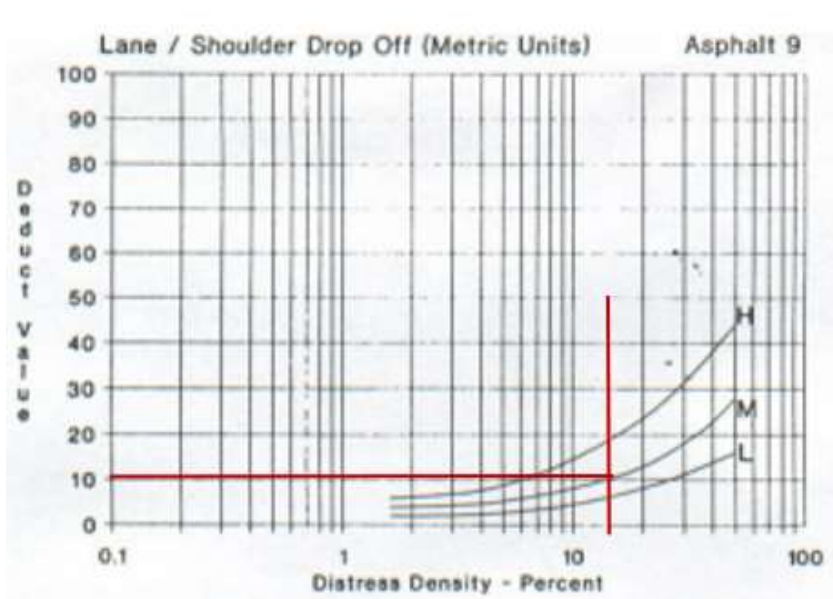
Valor estimado de la falla 7



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 7 clasificado por el PCI.

Figura 35

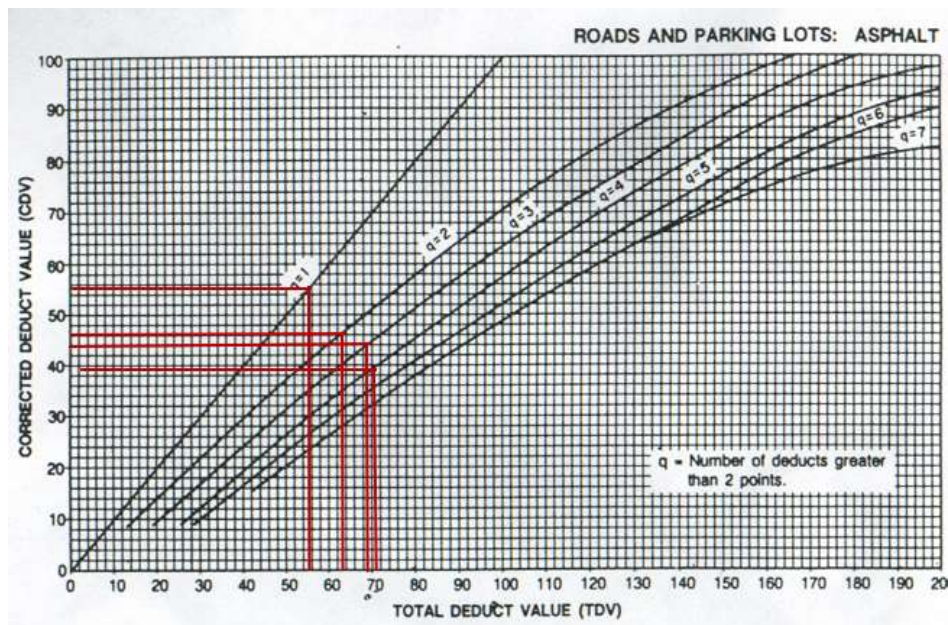
Valor estimado de la falla 9



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 9 clasificado por el PCI.

Figura 36

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 12

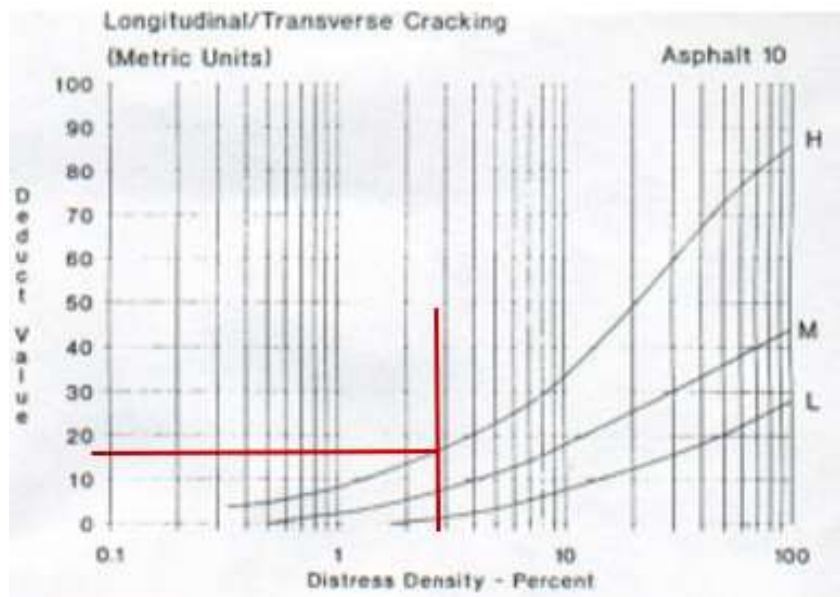
Evaluación del tramo 29

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
10	M	7.40	2.96%	18.36	18.4	2	12.54
12	M	1.89	0.76%	0.00	20.4	1	20.51
TOTAL				18.36			21
PCI 100- (MaxVDC o Total VDC)							79%

Durante la evaluación del tramo 29, se determinó un (PCI) del 79%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "muy bueno".

Figura 37

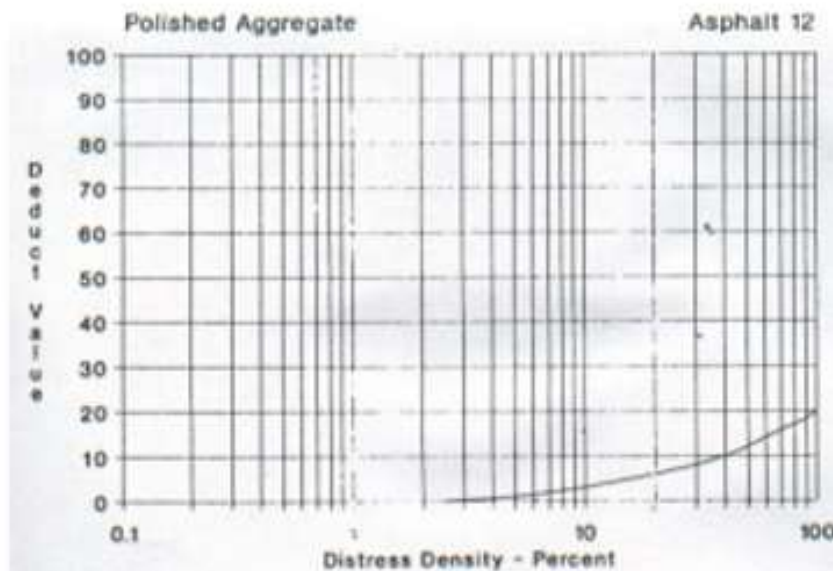
Valor estimado de la falla 10



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 10 clasificado por el PCI.

Figura 38

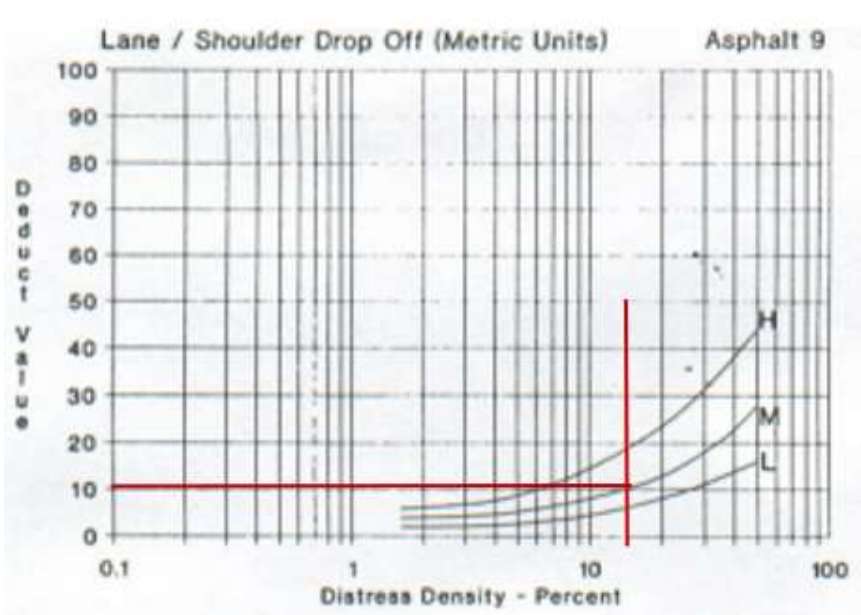
Valor estimado de la falla 12



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 12 clasificado por el PCI.

Figura 39

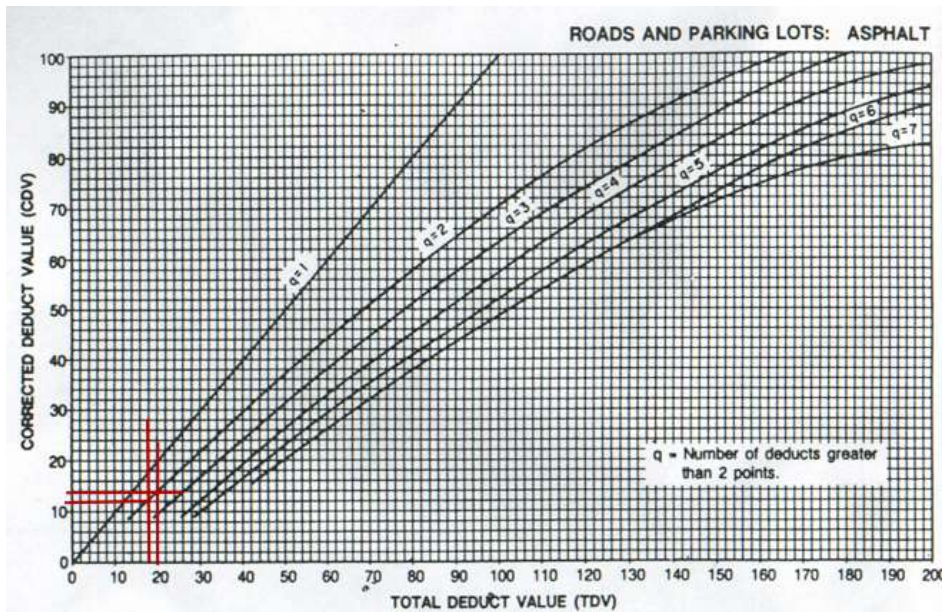
Valor estimado de la falla 9



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 9 clasificado por el PCI.

Figura 40

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 13

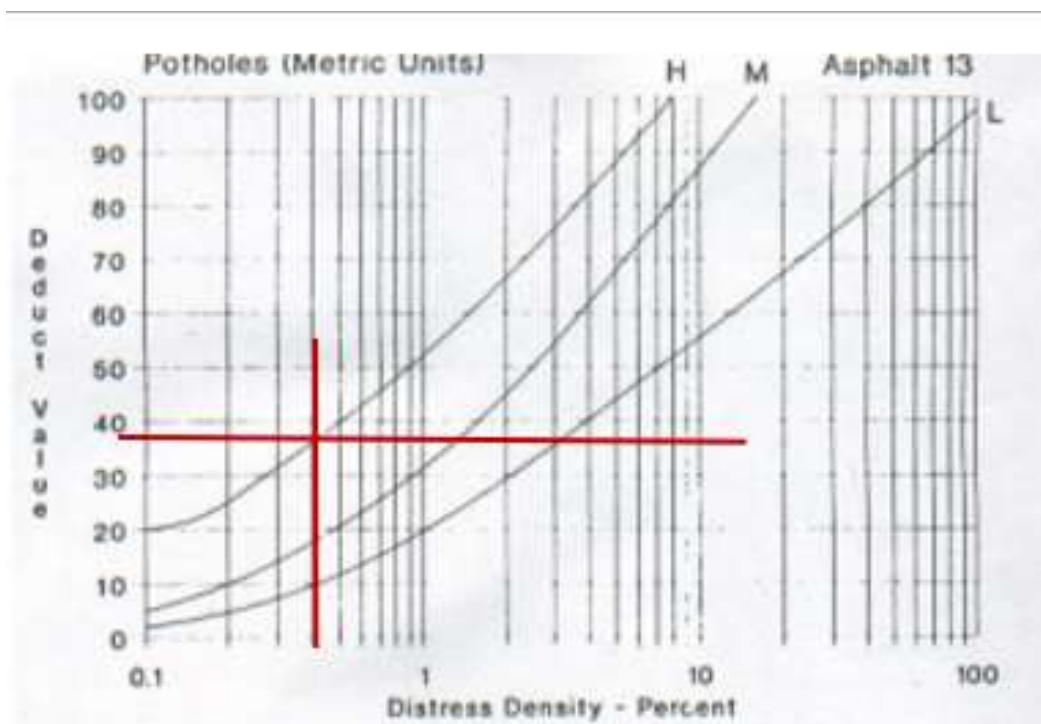
Evaluación del tramo 33

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
13	H	1.00	0.40%	39.14	39.14	1	39.14
TOTAL				39.14			39
PCI 100- (MaxVDC o Total VD)							61%

Durante la evaluación del tramo 33, se determinó un (PCI) del 61%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "bueno".

Figura 41

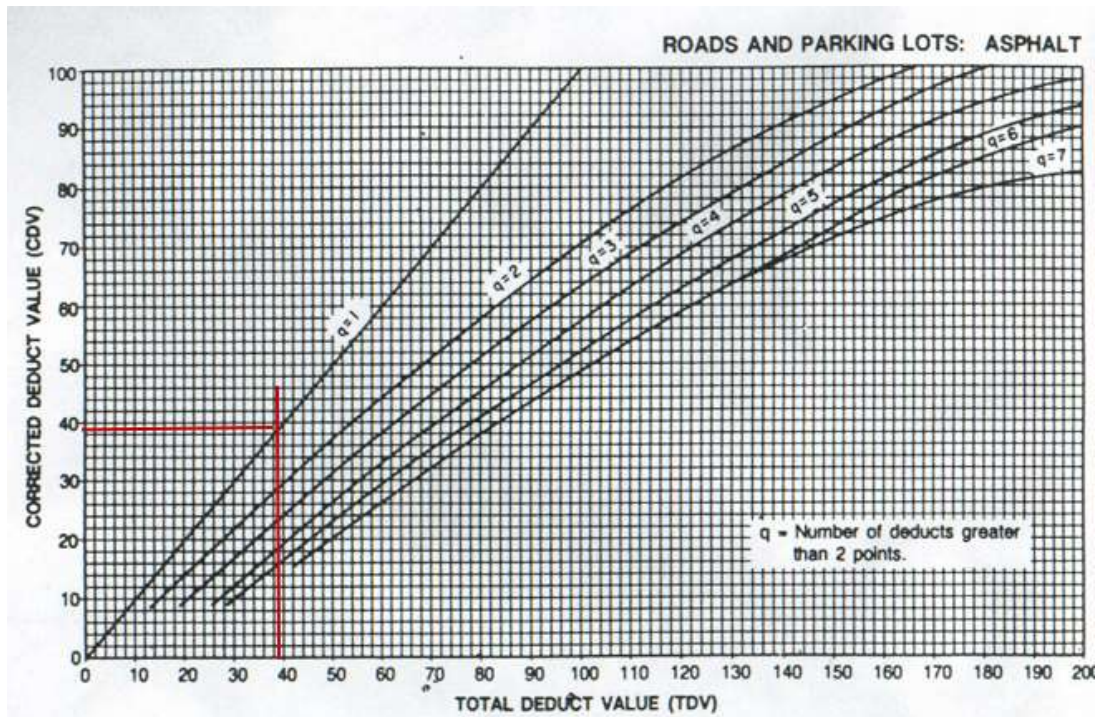
Valor estimado de la falla 13



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 13 clasificado por el PCI.

Figura 42

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

Tabla 14

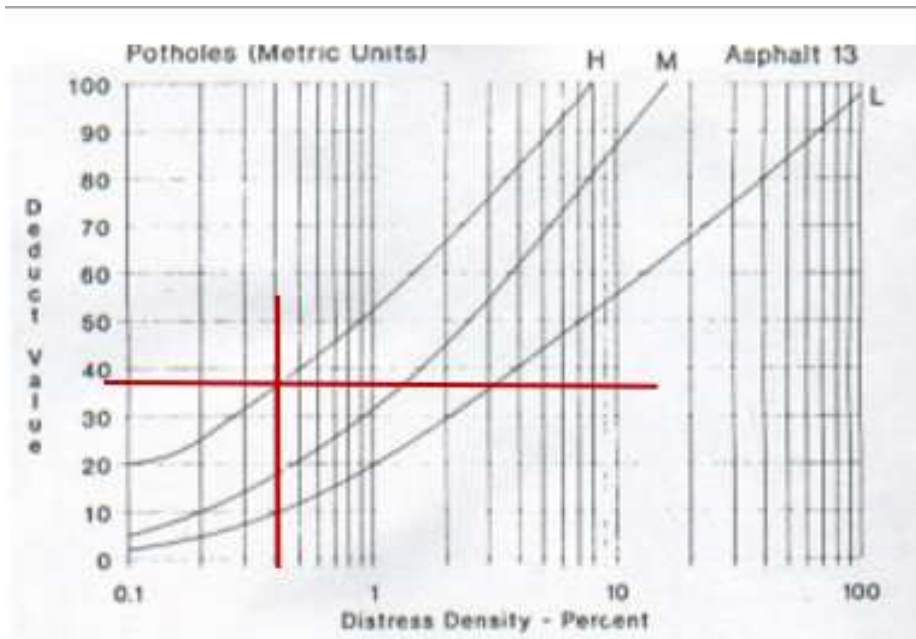
Evaluación del tramo 37

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES	DENSIDAD	VALOR ESTIMADO	VDT	Q	VDQC
13	H	1.00	0.40%	39.14	39.14	1	39.14
TOTAL				39.14			39
PCI 100- (MaxVDC o Total VD)							61%

Durante la evaluación del tramo 37, se determinó un (PCI) del 61%. Según la categorización establecida, este porcentaje indica una condición de pavimento clasificada como "bueno".

Figura 43

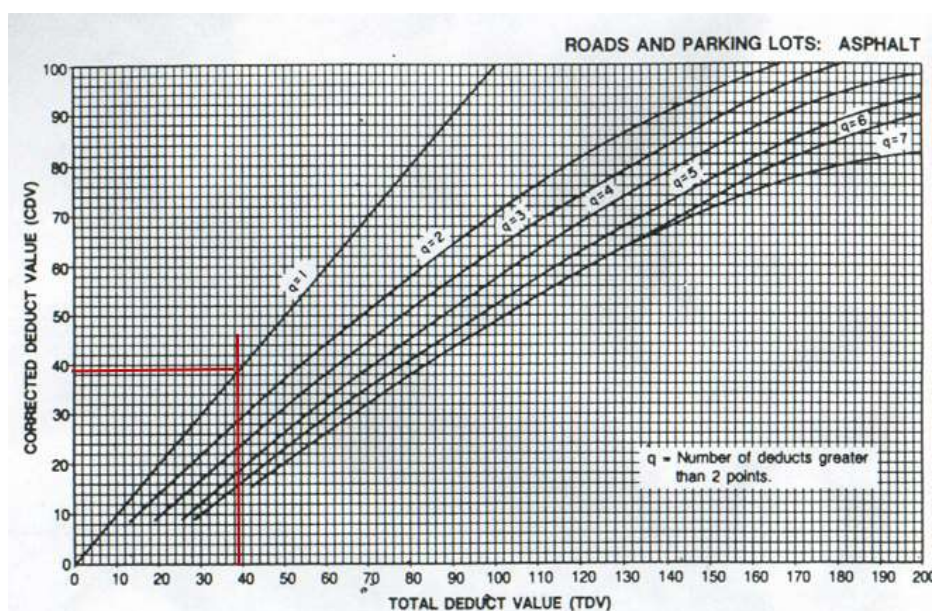
Valor estimado de la falla 13



Se muestra el diagrama para determinar el valor estimado de la falla numero 13 clasificado por el PCI.

Figura 44

Valor estimado corregido



Se muestra el diagrama para determinar el los valores estimados corregidos finales.

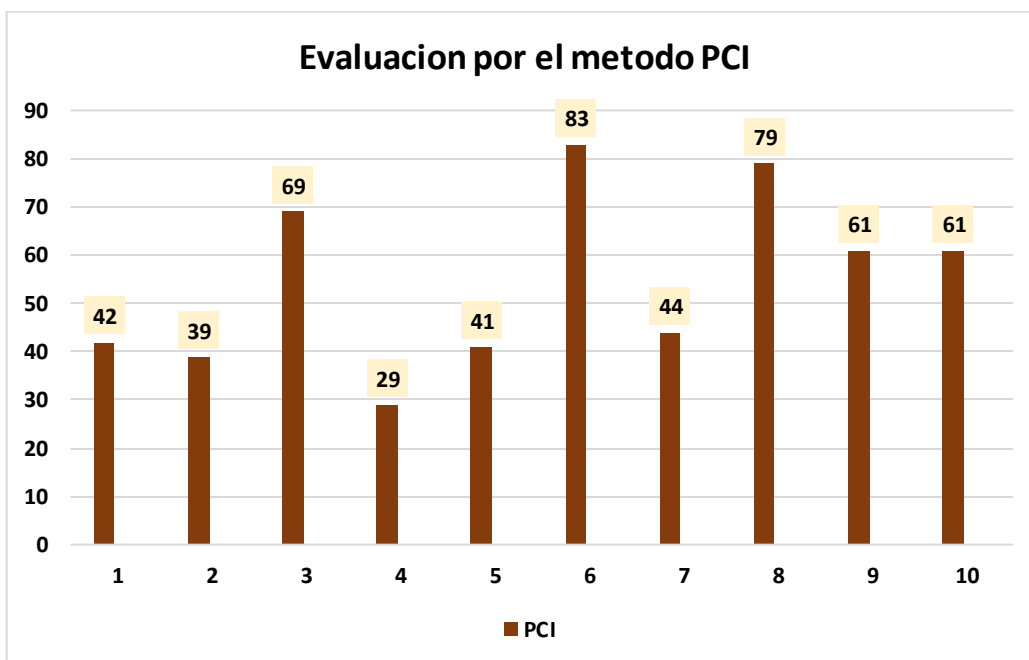
Tabla 15

Resumen de los resultados de la evaluación del PCI

ÁREA DE MUESTRA	MUESTRAS	PROGRESMA INICIAL	PROGRESMA FINAL	m	VRC	PCI (%)	CLASIFICACIÓN
250	1	00+000	00+025	5.61	56	42	REGULAR
250	2	00+100	00+125	5.58	60	39	MALO
250	3	00+200	00+225	7.6	30	69	BUENO
250	4	00+300	00+325	5.58	70	29	MALO
250	5	00+400	00+425	6.58	58	41	REGULAR
250	6	00+500	00+525	9.18	16	83	MUY BUENO
250	7	00+600	00+625	5.7	55	44	REGULAR
250	8	00+700	00+725	8.5	20	79	MUY BUENO
250	9	00+800	00+825	6.59	39	61	BUENO
250	10	00+900	00+925	6.59	39	61	BUENO

Figura 45

Evaluación superficial



Se muestran la gráfica de los tramos evaluados por el método del PCI.

4.1.2 Evaluación de las propiedades del suelo de la Avenida Enrique Gallegos

a. Análisis granulométrico

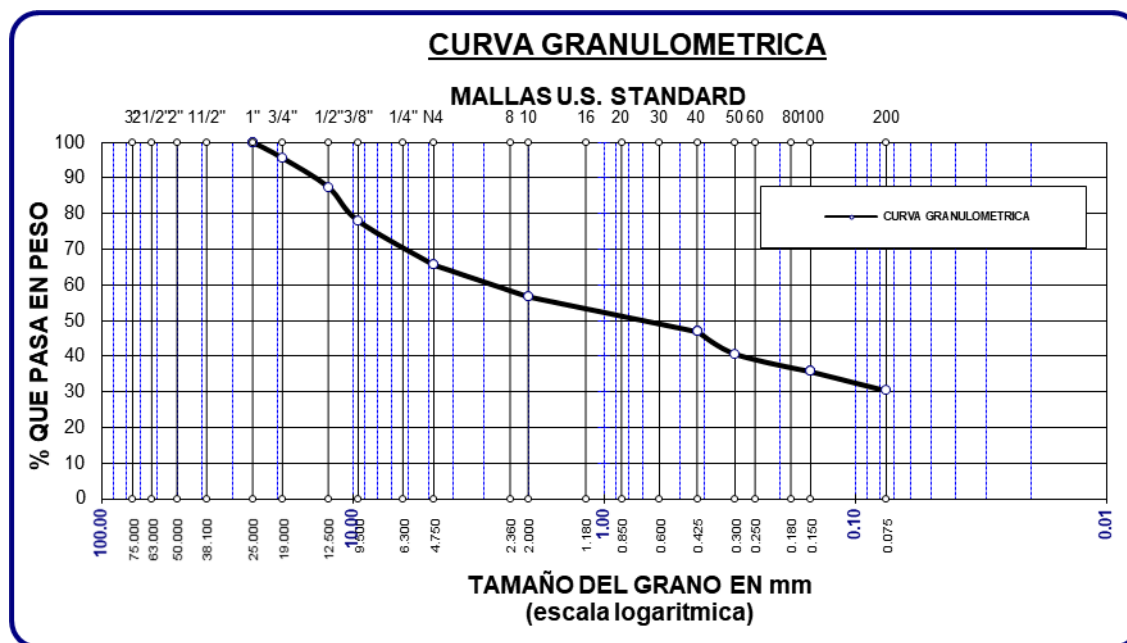
Tabla 16

Análisis granulométrico de CA-1

TAMICES	PESO RETEN.	%RETENIDO PAR.	%RETENIDO ACU.	% QUE PASA
1"	0	0	0	100
3/4"	44.21	4.421	4.421	95.579
1/2"	81.34	8.134	12.555	87.445
3/8"	94.57	9.457	22.012	77.988
No4	123.64	12.364	34.376	65.624
No10	89	8.9	43.276	56.724
No40	98	9.8	53.076	46.924
No 50	62.57	6.257	59.333	40.667
No100	49.65	4.965	64.298	35.702
No200	53.47	5.347	69.645	30.355
BASE	303.55	30.355	100	0
TOTAL	1000	100		
% PERDIDA	30.355			

Figura 46

Análisis granulométrico de CA-1



Se ha realizado un análisis exhaustivo de la distribución de tamaño de partículas en el sitio de exploración CA-1 ubicada en la progresiva 00+375 km.

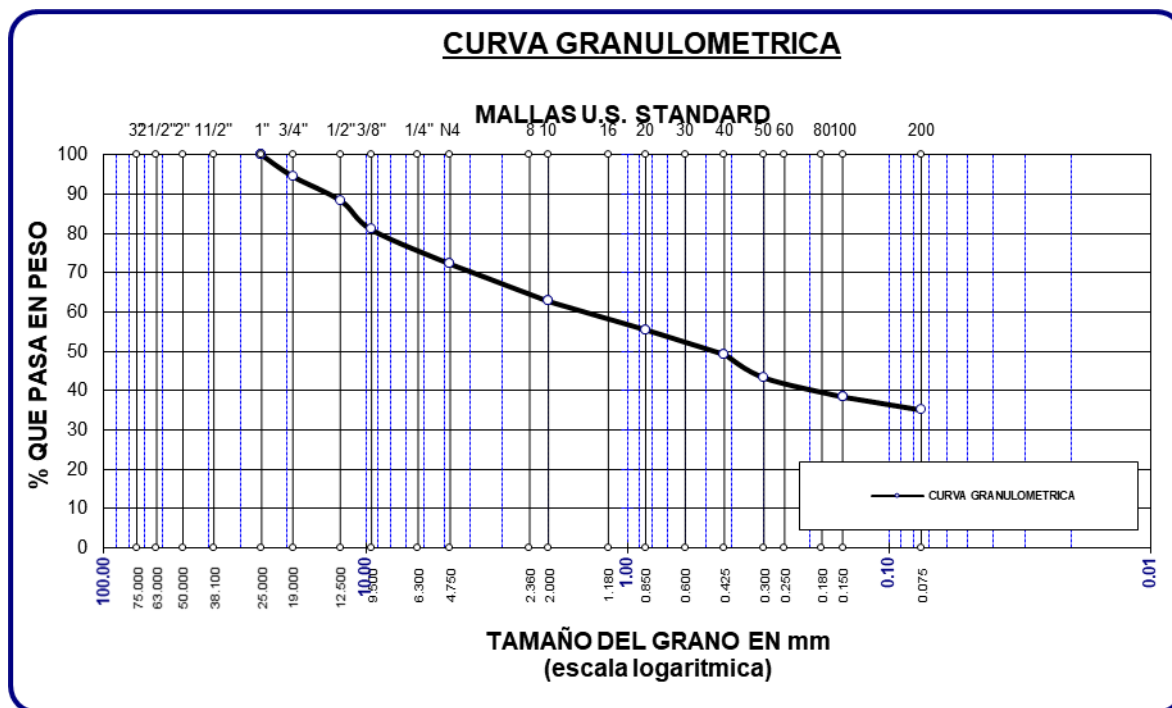
Tabla 17

Análisis granulométrico de CA-1

TAMICES	PESO RETEN.	%RETENIDO PAR.	%RETENIDO ACU.	% QUE PASA
1"	0	0	0	100
3/4"	54.34	5.434	5.434	94.566
1/2"	61.31	6.131	11.565	88.435
3/8"	74.31	7.431	18.996	81.004
No4	87.36	8.736	27.732	72.268
No10	94.62	9.462	37.194	62.806
No20	72.34	7.234	44.428	55.572
No40	62.64	6.264	50.692	49.308
No 50	59.31	5.931	56.623	43.377
No100	48.64	4.864	61.487	38.513
No200	33.28	3.328	64.815	35.185
BASE	351.85	35.185	100	0
TOTAL	1000	100		
% PERDIDA	35.185			

Figura 47

Análisis granulométrico de CA-2



Se ha realizado un análisis exhaustivo de la distribución de tamaño de partículas en el sitio de exploración CA-2 ubicada en la progresiva 00+875 km.

b. Índice de plasticidad

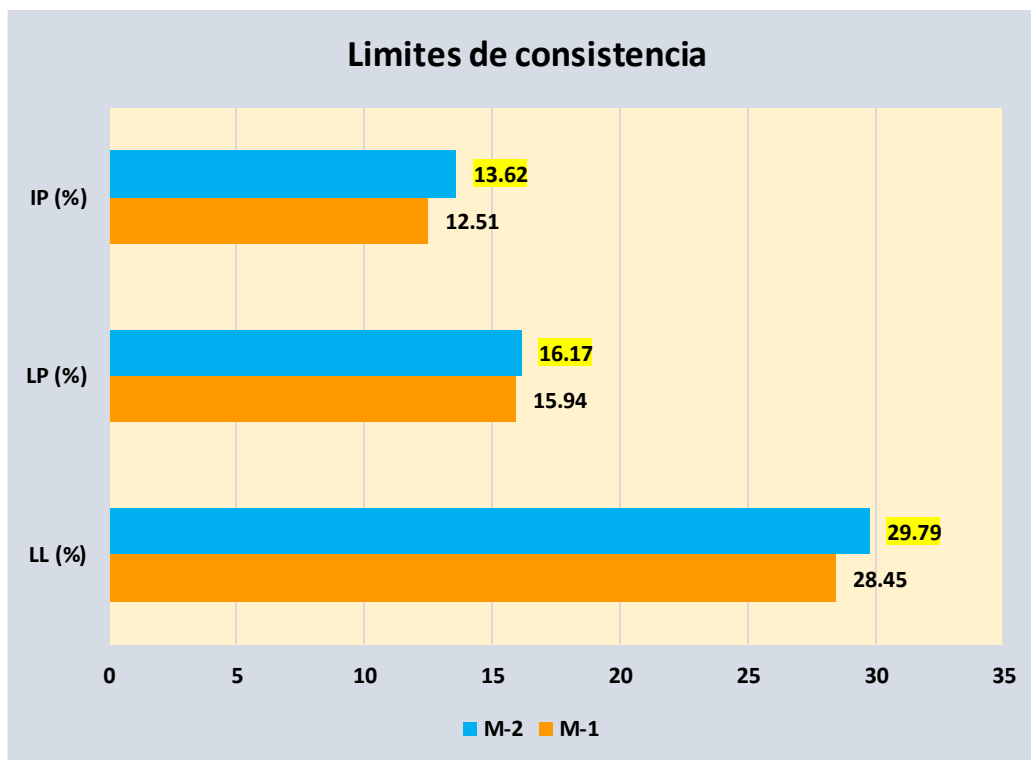
Tabla 18

Límites de consistencia

Muestra	Límites de Atterberg		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
M-1	28.45	15.94	12.51
M-2	29.79	16.17	13.62

Figura 48

Límites de consistencia



Se han evaluado los límites de consistencia de las dos muestras, donde se ha determinado que el índice de plasticidad para la muestra 1 es del 12.51%, mientras que para la muestra 2 es del 13.62%.

c. Grado de compactación

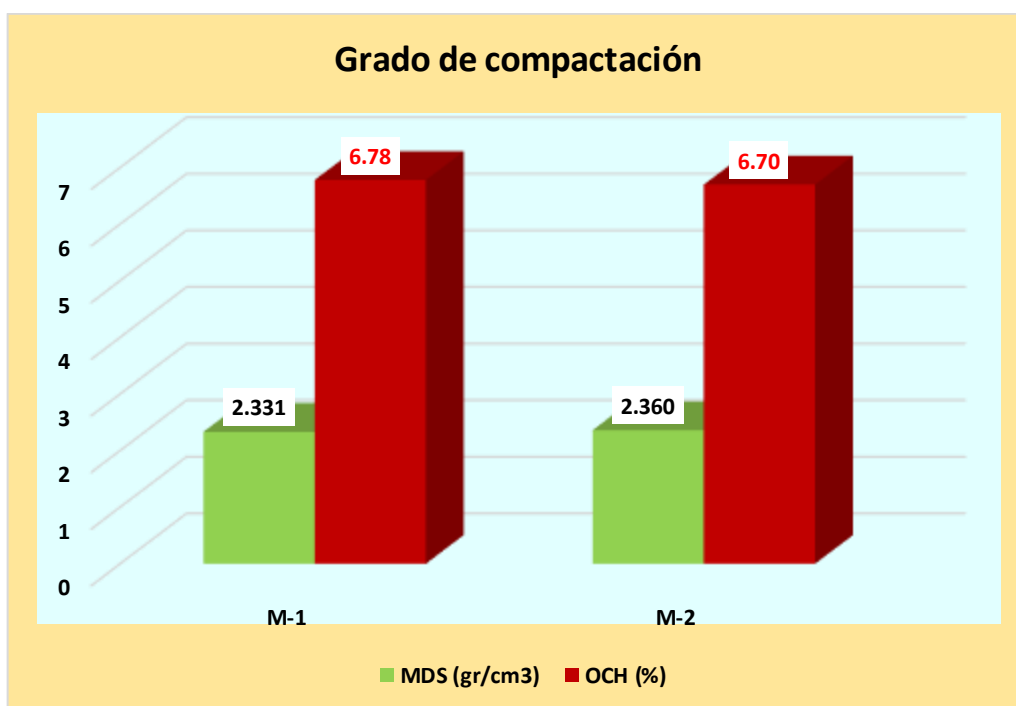
Tabla 19

Máxima densidad y óptimo contenido de humedad

Grado de Compactación		
Muestra	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
M-1	2.331	6.78
M-2	2.360	6.70

Figura 49

Máxima densidad y óptimo contenido de humedad



Se ha determinado la máxima densidad para ambas muestras, siendo de 2.331 gr/cm³ para la muestra 1 y de 2.360 gr/cm³ para la muestra 2. Además, se ha identificado el contenido óptimo de humedad, el cual es del 6.78% para la muestra 1 y del 6.70% para la muestra 2.

d. Capacidad de soporte

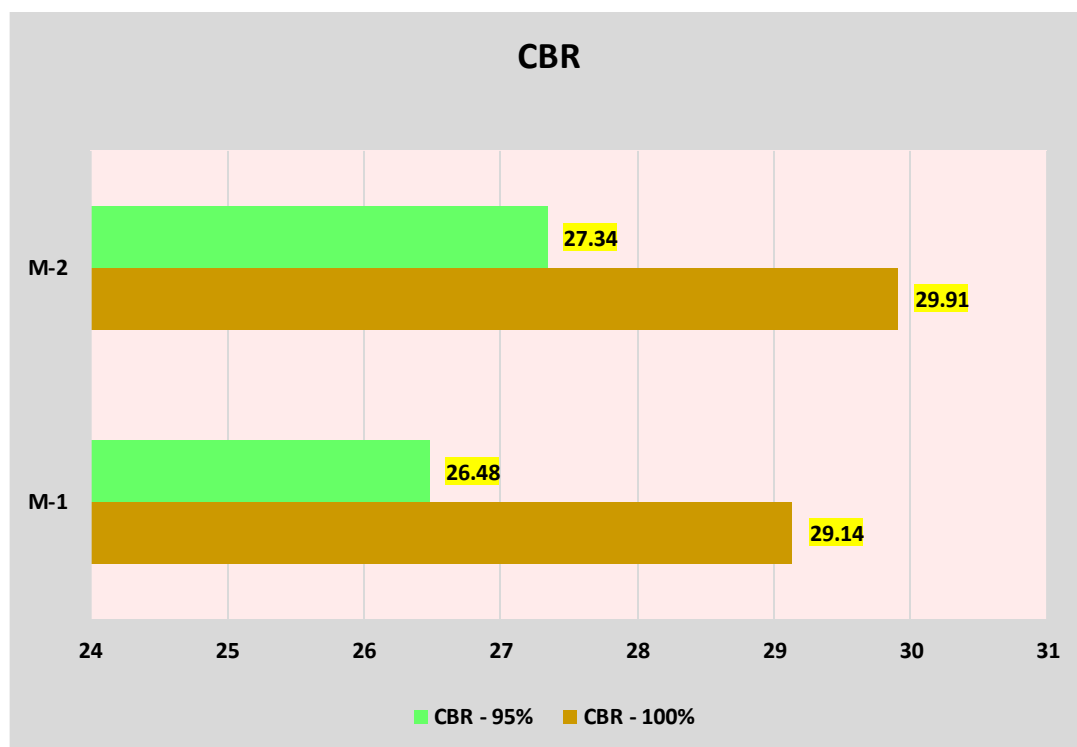
Tabla 20

CBR del suelo (subrasante)

CBR		
Exploraciones	CBR100%	CBR95%
M-1	29.14	26.48
M-2	29.91	27.34

Figura 50

CBR del suelo (subrasante)



Se han obtenido los valores de CBR para la muestra 1 y la muestra 2 a diferentes niveles de densidad relativa. Para la muestra 1, se ha registrado un CBR del 29.14% al 100% de la MDS y del 26.48% al 95% de la MDS. Por otro lado, la muestra 2 ha mostrado un CBR del 29.91% al 100% de la MDS y del 27.34% al 95% de la MDS.

e. Capacidad de soporte con el ensayo de PDC**Tabla 21***CBR de la subrasante por correlación con el PDC*

CBR		
Exploración	CBR	Promedio
M-1	30.79	30.42
M-2	30.05	

Tabla 22*CBR de la subbase por correlación con el PDC*

CBR		
Exploración	CBR	Prom
M-1	68.79	69.27
M-2	69.74	

Coeficiente de reacción combinado:

$$K_{eq} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = \left(1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 * \left(\frac{k_1}{k_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{0.5} * k_0$$

492.04 PCI

4.1.3 Diseño del pavimento Whitetopping**• ESAL**

Para calcular el diseño del pavimento con el método de Whitetopping, primero necesitamos considerar el ESAL de diseño para 20 años, que en este caso es de $1.06 * 10^6$

EE. Este valor nos indica la carga total equivalente que se espera que soporte el pavimento durante su vida útil.

- **Nivel de confiabilidad y ZR**

Según la clasificación del tráfico de acuerdo al ESAL seria (Tp5) establecida por el MTC, el nivel de confiabilidad (R) será del 85%. Además, se nos proporciona el valor de ZR, que es la desviación estándar normal, con un valor de -1.037.

- **Desviación estándar**

La desviación estándar total (So) para el pavimento es de 0.35.

- **Variación PSI**

La variación del PSI se obtiene entre la diferencia de la serviciabilidad inicial y final.

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_f$$

$$\Delta \text{ PSI} = 4.30 - 2.5$$

$$\Delta \text{ PSI} = 1.8$$

- **Coefficiente de reacción combinado**

CBR de la subrasante: 30.42

CBR de la subbase: 69.27

$$\text{CBR} > 10 \text{ K} = 46 + 9.08 \times (\text{Log}(\text{CBR}))^{4.34}$$

$$K_{eq} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) = \left(1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 * \left(\frac{k_1}{k_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{0.5} * k_0$$

$$492.04 \text{ PCI}$$

- **Módulo de rotura (MR) y Fc**

Según las especificaciones del MTC) para un rango de Equivalentes de Ejes (EE) $< o = a$ 5,000,000, el Módulo de Resiliencia (Mr) requerido es de 40 kg/cm². Además, la resistencia mínima a compresión debe ser de al menos 280 kg/cm².

$$\text{MR} = a (f'c) * 0.5$$



Donde:

"*MR*" : es el módulo de resiliencia.

"*a*" : es un factor que varía entre 1.99 y 3.18, según la norma ACI 363.

"*f_c*" : es la resistencia a la compresión del concreto en kg/cm².

Dado que la resistencia mínima a compresión especificada es de 280 kg/cm², el valor de *f_c* es 280 kg/cm². Por lo tanto, podemos calcular el valor de *MR* utilizando el factor *a* más cercano al promedio entre 1.99 y 3.18, que es aproximadamente 2.590.

Sustituyendo los valores:

$$MR = 2.590 \times 280 = 2.590 \times 280$$

$$MR \approx 48.5 \text{ kg/cm}^2 = 689.83 \text{ psi}$$

- **Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad del concreto (*E_c*) en función de la resistencia a la compresión del concreto (*F_c*). La ecuación es:

$$E_c = 57000 \times (f_c)^{0.5}$$

Donde:

E_c : *Módulo de elasticidad del concreto en psi (libras por pulgada cuadrada).*

f_c : *Resistencia a la compresión del concreto en psi.*

Dado que la resistencia a la compresión especificada es de 3982 psi, podemos calcular el valor de *E_c* sustituyendo este valor en la ecuación:

$$E_c = 57000 \times (3982)^{0.5}$$

$$E_c \approx 3596876 \text{ psi}$$

Para convertir este valor a MPa, simplemente dividimos el valor en psi por 145.04 (1 MPa \approx 145.04 psi):

$$E_c \approx 24800 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, el módulo de elasticidad del concreto es aproximadamente 24800 MPa.

- **Coefficiente de drenaje**

La exposición a lluvias con un valor aproximado de más del 25% indica que esta área experimenta precipitaciones significativas.

$$Cd = 1$$

- **Transferencia de carga**

$$J = 3.8 \text{ sin pasadores}$$

- **Espesor del concreto**

Datos:

Tiempo de diseño (años)	:	20
Suma de ejes equivalentes (w18)	:	1.06*10 ⁶
Capacidad de servicio inicial (pi)	:	4.3
Capacidad de servicio final (pt)	:	2.50
confiabilidad (r)	:	85%
Resistencia a la compresión del concreto f'c (kg/cm2)	:	280.00
Módulo de reacción de la subrasante- Kc (pci)	:	492.04
Distribución de carga (J)	:	3.8
Coefficiente de drenaje (Cd)	:	1.0

Formula:

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

$$N_{18} = 6.03$$

El espesor de la losa requerido es de 6.10 pulgadas equivalente a 15.49 cm.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Llonquecha & Quispe, 2019), se llevó a cabo una evaluación superficial del pavimento flexible, que incluyó un proceso de restauración que utilizó el



enfoque Whitetopping. En esta evaluación se utilizó el Índice de Condición del Pavimento (ICP). Según los resultados, la parte más dañada se situó en la progresiva 0+0076 a 0+0608, que presentó fallos superficiales en sentido longitudinal durante el proceso. Como consecuencia de este resultado, el pavimento se califica como MALO. Además, se realizó un estudio de suelos para conocer las particularidades mecánicas y físicas del suelo que se encontraba bajo el pavimento. Se determinó que la subrasante era grava limosa pobremente graduada (GP-GM) según la clasificación SUCS, aunque la clasificación AASHTO la situaba en la categoría A-1-a (0). Se determinó que el contenido de humedad natural era del 7,3%, y el CBR calculado era del 70,9% de media. De acuerdo con la metodología AASHTO 93, que produjo un módulo de reacción de la subrasante de 180 MPa/m, estos datos, que se adquirieron a partir de tres sondeos de campo, sugieren que la calidad de la subrasante es de una calidad excepcional. Con el uso de estas estadísticas, fue factible determinar el espesor necesario para el Whitetopping, que se determinó en tres pulgadas. Por otra parte, la investigación que evaluó el número de vehículos encontró que había un tráfico igual de 1.027.086 ESAL. Empleando ábacos y monogramas en el proceso de diseño de pavimentos rígidos de acuerdo con el planteamiento de la AASHTO 93, se decidió que el espesor de la losa de concreto debía ser de seis pulgadas.

En el estudio de (Ignacio & Sosa, 2022), se ofrece un diseño que utiliza la tecnología Whitetopping para pavimentos flexibles en la porción evaluada de la Av. Marañón. Como consecuencia del examen se obtuvo un Índice de Condición del Pavimento (ICP) de 34,65, el cual, de acuerdo a la tabla de clasificación, muestra que el pavimento se encuentra en una condición baja. El diseño inadecuado del pavimento, el tráfico excesivo, la baja calidad del material de base y subbase, los suelos expansivos, la posición geográfica, las fallas geológicas y los suelos expansivos son algunos de los elementos que se han identificado como contribuyentes a este problema. Durante el estudio de campo realizado en el tramo mencionado se descubrieron diversos daños en el pavimento. Estos



daños incluyeron pendiente del carril, vacíos, grietas parabólicas, piel de cocodrilo, surcos, grietas en los bordes, intemperie, abultamiento y problemas de hundimiento. Para determinar el espesor del Whitetopping se tuvo en cuenta un espesor objetivo de cinco centímetros. Tras un examen del espesor del pavimento existente, que es de al menos 7,92 cm (3,12 pulgadas), se determinó que el diseño proporcionado es adecuado para el espesor requerido. En base a esta información, parece que el diseño de Whitetopping con un espesor de dos pulgadas sería adecuado para rectificar los problemas de pavimento que se han observado.

En el estudio de (Uribe, 2020), se utilizó la técnica del Whitetopping para aumentar la longevidad del pavimento flexible. Se estableció que el tramo en consideración alcanzó un tráfico equivalente a 1.3 millones de ESALs (Equivalent Single Axle Loads) durante un periodo de diseño de 20 años, luego de realizar un análisis del tráfico utilizando una estación de conteo vehicular que se ubicó en el Jr. Las Honduras. Se calculó un espesor de losa de concreto de siete pulgadas utilizando la técnica AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos. La resistencia a la compresión de la losa de concreto se determinó en 280 kg/cm², y el espesor fue de siete pulgadas. Los pasadores utilizados son de acero liso con un diámetro de una pulgada, tienen una longitud de cincuenta metros y están espaciados cada treinta metros. Además, el paquete estructural viene con unos cimientos que miden 15,24 centímetros, lo que equivale a 6 pulgadas. Debido al uso de concreto, se descubrió que la aplicación de capas de concreto blanqueado requiere un coste preparatorio significativo. Así lo confirmó la investigación. Por otro lado, esta elección es más ventajosa a largo plazo debido a la mayor durabilidad del pavimento rígido en comparación con el pavimento de asfalto, que requiere una restauración más regular y constante.



En el presente estudio, se llevó a cabo una evaluación superficial del pavimento utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Tras observar diversos tramos, se clasificaron como malo, regular, bueno y muy bueno. Al calcular un promedio, se determinó que el pavimento se clasifica como regular. Además, se realizaron ensayos para clasificar el tipo de suelo en dos puntos de muestreo. En la muestra uno, se obtuvo una densidad seca máxima de 2.331 gr/cm³ y un contenido óptimo de humedad del 6.78%. En la muestra dos, los valores fueron de 2.360 gr/cm³ y 6.70%, respectivamente. El CBR al 95% de la máxima densidad seca fue de 26.48% para la muestra uno y 27.345% para la muestra dos. En cuanto al diseño de la capa de Whitetopping, se utilizó el método AASHTO. El tráfico equivalente se estimó en 1,062616 ESAL. Según los cálculos realizados, se determinó que el espesor de la capa de Whitetopping debería ser de 6.10 pulgadas.

Los resultados de los estudios analizados muestran una variedad de enfoques y conclusiones en relación con el uso de Whitetopping para la rehabilitación de pavimentos flexibles. Mientras que el estudio de Llonquecha & Quispe (2019) identificó un pavimento con una condición clasificada como MALO y determinó un espesor de Whitetopping de 6 pulgadas, el estudio de Ignacio & Sosa (2022) propuso un diseño con un espesor de 2 pulgadas, adecuado para corregir problemas específicos del pavimento. Por otro lado, el estudio de Uribe (2020) resaltó la durabilidad a largo plazo del pavimento con Whitetopping, aunque con un diseño que requiere un espesor de 7 pulgadas. En contraste, el presente estudio sugiere un espesor de Whitetopping de 6.10 pulgadas basado en una evaluación de la condición del pavimento y propiedades del suelo. Estas discrepancias reflejan la complejidad de consideraciones como la condición inicial del pavimento, el tráfico, las características del suelo y los criterios de diseño al seleccionar el espesor óptimo de Whitetopping para la recuperación de pavimentos flexibles.

CONCLUSIONES

Primera. - La evaluación del pavimento flexible en la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave muestra un deterioro regular, con grietas, patrones de piel de cocodrilo y huecos, lo que indica la necesidad de intervención. Las propiedades del suelo, con un índice de plasticidad moderado y un CBR adecuado, permiten la aplicación de tratamientos. El diseño del tratamiento de Whitetopping, con un espesor de 6.10 pulgadas basado en un ESAL de $1.06 \cdot 10^6$ y el tráfico de categoría Tp5, promete mejorar la estabilidad y durabilidad del pavimento, abordando los problemas identificados y garantizando su rendimiento a largo plazo.

Segunda. - La superficie del pavimento flexible en la avenida Enrique Gallegos, ubicada en el distrito de llave, presenta un deterioro regular según el método PCI, caracterizado por diversos tipos de daños. Entre los problemas principales identificados se encuentran la formación de patrones similares a la piel de cocodrilo, grietas en los bordes, así como grietas longitudinales y transversales, además de la presencia de huecos.

Tercera. - Las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave, resultó que el índice de plasticidad es de 12.51% en la muestra M1 y 13.62% en la muestra M2. Además, en cuanto al CBR obtenido por correlación del PDC en la subrasante fue de 30.42% mientras que en la subbase fue de 69.27%.

Cuarta. - El diseño y espesor del tratamiento mediante el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos en el distrito de llave se llevó a cabo considerando el ESAL y el diseño obtenido a partir de la medición de transitabilidad. Con un ESAL de $1.06 \cdot 10^6$ y un tráfico de categoría Tp5, el espesor resultante del Whitetopping fue de 6.10 pulgadas.



RECOMENDACIONES

Primera. - Se recomienda llevar a cabo la aplicación del tratamiento de Whitetopping en la avenida Enrique Gallegos, ya que, según los resultados obtenidos, este método contribuiría significativamente a mejorar la durabilidad y la estabilidad del pavimento, reduciendo los daños actuales como grietas y huecos.

Segunda. - Se recomienda que antes de optar por esta técnica, es imperativo realizar una evaluación detallada del estado de la capa de rodadura y la estructura subyacente para garantizar su idoneidad y eficacia.

Tercera. - Se recomienda llevar a cabo un análisis exhaustivo que tenga en cuenta tanto el tipo de vehículos que transitarán la vía como el volumen de tráfico que se espera. Este análisis minucioso permitirá diseñar un pavimento que pueda soportar las cargas esperadas y garantizar su durabilidad a lo largo del tiempo.

Cuarta. - El hecho de que la técnica del Whitetopping se aplique a capas de rodadura preexistentes con un espesor mínimo de 5 centímetros es una preocupación extremadamente importante a tener en cuenta. Además, la viabilidad de este proyecto depende de que el daño a la estructura existente sea superficial. Esto se debe a que la estructura actual servirá de soporte vital para el éxito de la aplicación del Whitetopping.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, K., & Enciso, M. (2020). Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante sistema Whitetopping con losas de geometría optimizada en la Av. La Unión-Manchay, 2020. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60428>
- Apaza Condorcillo, R. A. (2022). Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible aplicando el método índice de condición de pavimento de la vía Chasqui—Pilcuyo, Puno—2019. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17650>
- Aquino Felipe, D. O. (2020). Rehabilitación del pavimento flexible con la técnica Whitetopping en la av. Héroes del Cenepa, Lima- San Juan de Lurigancho 2020. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97245>
- Araujo Cahuata, L. G., & Begazo Castillo, N. T. (2021). Aplicación de métodos no destructivos y destructivos para determinar la condición del pavimento flexible en vías urbanas, Puno – 2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75332>
- Bakri, D. (2019). Evaluasi Kondisi dan Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci) (Studi Kasus: Jalan Gunung Selatan Kota Tarakan Provinsi Kalimantan Utara). Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil. https://www.academia.edu/61239788/Evaluasi_Kondisi_dan_Kerusakan_Perkerasan_Lentur_Dengan_Metode_Pavement_Condition_Index_Pci_Studi_Kasus_Jalan_Gunung_Selatan_Kota_Tarakan_Provinsi_Kalimantan_Utara_
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). Metodología de la Investigación. Grupo Editorial Patria.
- Cristóbal Aguirre, G. Y. (2022). Propiedades mecánicas del concreto con fibras sintéticas para reparar pavimento flexible mediante la técnica Whitetopping, en avenida



- central San Juan de Lurigancho, Lima. Universidad Peruana Los Andes.
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5019>
- Duque Saldarriaga, J., Vásquez Cadena, B. S., & Orrego Cardoza, J. F. (2019).
Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden.
<http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17878>
- García Barzola, A. G., & Terán Amen, A. Y. (2022). El pavimento flexible y el método
Whitetopping en comparación al método tradicional para la rehabilitación de la vía
principal del recinto Barranca de la ciudad de Samborondón [bachelorThesis,
Guayaquil: ULVR, 2022.]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5372>
- González Morgado, D. E. (2018). Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de
mediano y bajo tránsito. <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/7090>
- Gutierrez Celis, J. A. (2021). Evaluación del pavimento flexible y rehabilitación mediante el
método Whitetopping, Avenida General Hoyos Rubio – Villa María del Triunfo, 2021.
Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66710>
- Hasibuan, R. P., & Surbakti, M. (2019). Study of Pavement Condition Index (PCI)
relationship with International Roughness Index (IRI) on Flexible Pavement. MATEC
Web of Conferences, 258, 03019.
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201925803019>
- Huaman Capcha, M. E. (2019). Evaluar de las condiciones del pavimento flexible y plantear
técnica de conservación de la Av. Vienrich- Provincia de Tarma- 2019. Universidad
Católica Sedes Sapientiae.
<https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/712>
- Ignacio Salazar, V. J., & Sosa Saona, W. A. (2022). Propuesta de Diseño con Técnica
Whitetopping para incrementar la duración de pavimentos flexibles de la Av.
Marañón los Olivos, Lima – 2022. Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133350>



- Karim, F., Rubasi, K., & Saleh, A. (2016). The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 8. <https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0008>
- Lázaro Zeta, P. M., Ortiz Morón, M. P., & Rojas Sempertegui, J. (2019). Whitetopping en el pavimento flexible de la av. Central progresiva 00+00 al 04+300 en San Juan de Lurigancho, 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57573>
- Mallma Jimenez, J. L. (2018). Evaluación de la Carpeta Asfáltica del Pavimento Flexible Aplicando el Método Índice de Condición del Pavimento. *Repositorio Institucional - UPLA*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1041>
- Mohod, M., & Kadam, K. (2016). A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13, 84-88. <https://doi.org/10.9790/1684-1303078488>
- Paucar Curo, E. F. (2019). Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12319>
- Pelaez Quipuscoa, A. L. (2019). Propuesta del diseño con Whitetopping para la rehabilitación del pavimento asfáltico de la avenida Federico Villareal ubicado entre las avenidas Kunturwasi y Pucara de la ciudad de Trujillo. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4654>
- Pin, J. E. V., Loor, J. G. Z., Piusseaut, E. T., & Bailón, A. R. Z. (2023). DISEÑO DE CONCRETO PARA REFUERZO DE PAVIMENTO MEDIANTE LA TÉCNICA DE WHITETOPPING. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(4), Article 4.
- Pirca Ramos, W., & Chinchay Liviapoma, L. N. (2021). Propiedades mecánicas del concreto con fibras sintéticas para rehabilitar pavimento flexible mediante la técnica



- Whitetopping, en Avenida Central San Juan de Lurigancho, Lima, 2020. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/658535>
- Quijano, E., & Rondon, R. (2023). Implementación de la tecnología Whitetopping mediante los métodos PCI y VIZIR en la Av. Alisos entre 617—175 distrito San Martín de Porres en el año 2023. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36121>
- Rengifo Gonzales, J. A., & Vargas Villaca, M. A. (2017). Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1-29 de la avenida La Paz San Miguel—Lima. Universidad de San Martín de Porres - USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3520>
- Reyes, E. (2022). Metodología de la Investigación Científica. Page Publishing Inc.
- Riojas Rios, B. J. (2020). Evaluación de la carpeta de rodadura y la optimización aplicando el ultra-thin Whitetopping como método de rehabilitación en la Av. Gerardo Unger, Comas – Lima 2019. Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48756>
- Ureta Espinoza, Y. C. (2018). Utilización de Ultra-Thin Whitetopping como Método de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos en la Ciudad de Tacna. Universidad Privada de Tacna. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/605>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el estado superficial del pavimento flexible y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el estado superficial del pavimento flexible y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El estado superficial del pavimento flexible será malo y la alternativa de tratamiento por el método de Whitetopping resultará un espesor de 2 pulgadas para la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.</p>	<p>Variable de caracterización</p> <p>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</p> <p>Dimensiones: <i>Estado del pavimento.</i> <i>Fallas superficiales del pavimento.</i> <i>Evolución del tráfico</i></p>	Ficha de toma de datos
<p>Específicos</p>	<p>Específicos</p>	<p>Específicas</p>	<p>Variable de interés</p> <p>MÉTODO DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING</p> <p>Dimensiones: <i>Tratamiento superficial.</i> <i>Características del suelo del pavimento flexible (CBR)</i> <i>Diseño de la capa de whitetopping</i></p>	Equipos y herramientas de laboratorio.
<p>¿Cuál es la condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave?</p>	<p>Evaluar la condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.</p>	<p>La condición superficial del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave resultara malo, con alto grado de fisuramientos longitudinales y transversales.</p>		
<p>¿Cuáles son las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave?</p>	<p>Determinar las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.</p>	<p>Las propiedades del suelo del pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave, resultará un índice de plasticidad alto y un CBR por bajo.</p>		
<p>¿Cuál es el diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave?</p>	<p>Establecer el diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave.</p>	<p>El diseño y espesor de tratamiento por el método de Whitetopping para el pavimento flexible de la avenida Enrique Gallegos del distrito de llave, será de 5 pulgadas.</p>		



Anexo 2. Certificados de Calidad de Laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER VENTURA CONTRERAS

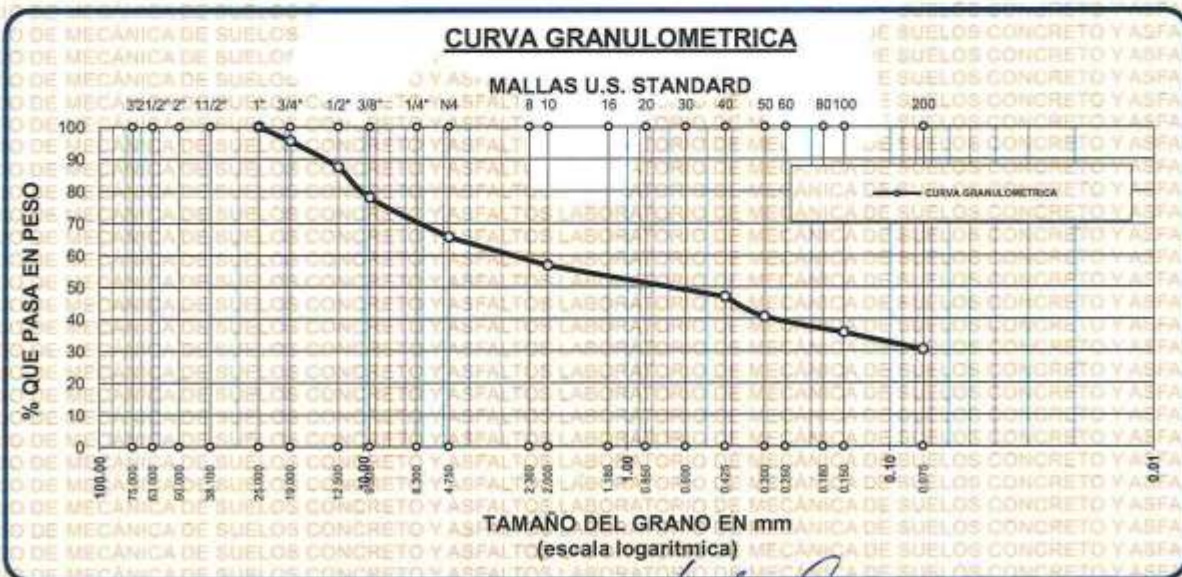
UBICACIÓN : AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 08-DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 1000.00
2"	50.000						P.L.= 696.45
1 1/2"	38.100						P.P.= 303.55
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		% w = 10.21
3/4"	19.000	44.21	4.42	4.42	95.58		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	81.34	8.13	12.56	87.45		L.L.= 28.45
3/8"	9.500	94.57	9.46	22.01	77.99		L.P.= 15.94
1/4"	6.300						I.P.= 12.51
No4	4.750	123.64	12.36	34.38	65.62		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	89.00	8.90	43.28	56.72		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= 3.01
No20	0.850						CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	98.00	9.80	53.08	46.92		SUSCS :
No50	0.300	62.57	6.26	59.33	40.67		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	49.65	4.97	64.30	35.70		
No200	0.075	53.47	5.35	69.65	30.36		
BASE		303.55	30.36	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

M.S.C. EL VENTURA CONTRERAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

SOLICITANTE

: BACHILLER ELMER VENTURA CONTRERAS

UBICACIÓN

: AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

: CALICATA 01

FECHA

: 08 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	98.67
SUELO SECO + TARRO	gr	91.75
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	6.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	67.75
HUMEDAD %	%	10.21

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	52.36	53.64	52.87	22.64	21.87
SUELO SECO + TARRO	gr	45.27	46.48	45.68	20.62	19.97
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	7.09	7.16	7.19	2.02	1.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	24.27	25.48	24.68	12.62	11.97
HUMEDAD %	%	29.21	28.10	29.13	16.01	15.87
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO	: 28.45	LIMITE PLASTICO	: 15.94
-----------------------	---------	------------------------	---------

INDICE PLASTICO : 12.51

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
 M. Sc. JEFATURA
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 703257

BIE : B006-00308675



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

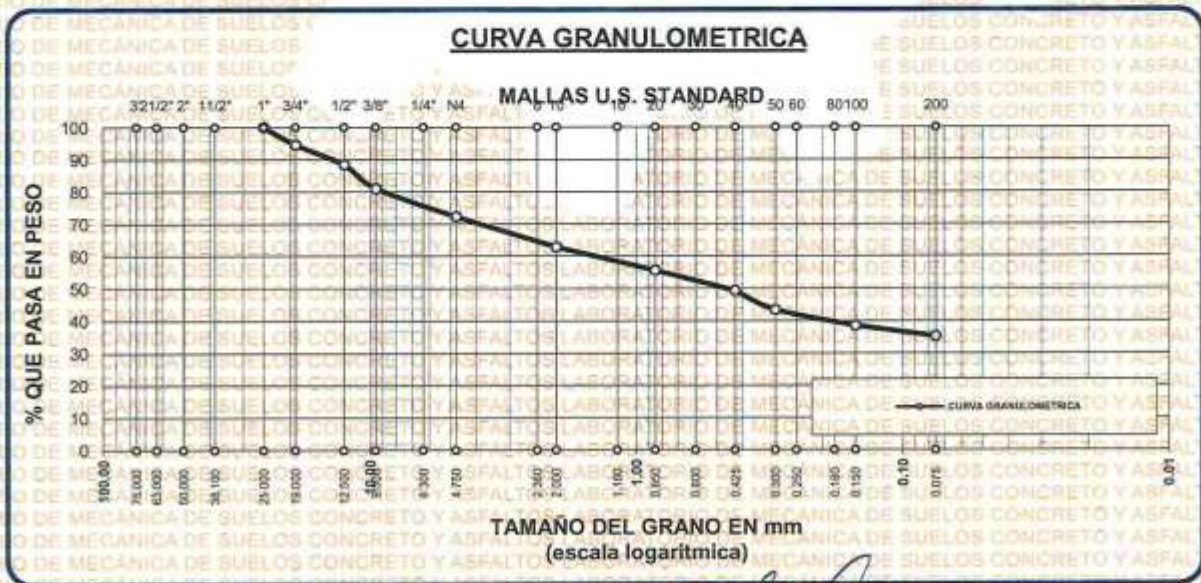


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE : BACHILLER. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN : AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 02
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 1000.00
2"	50.000						P.L.= 648.15
1 1/2"	38.100						P.P.= 351.85
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 11.28
3/4"	19.000	54.34	5.43	5.43	94.57		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	61.31	6.13	11.57	88.44		L.L.= 29.79
3/8"	9.500	74.31	7.43	19.00	81.00		L.P.= 16.17
1/4"	6.300						I.P.= 13.62
No4	4.750	87.36	8.74	27.73	72.27		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	94.62	9.46	37.19	62.81		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= 1.55
No20	0.850	72.34	7.23	44.43	55.57		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	62.64	6.26	50.69	49.31		SUSCS ; SM-SC
No 50	0.300	59.31	5.93	56.62	43.38		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	48.64	4.86	61.49	38.51		
No200	0.075	33.28	3.33	64.82	35.19		
BASE		351.85	35.19	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER VENTURA CONTRERAS

UBICACIÓN : AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	97.31
SUELO SECO + TARRO	gr	89.81
PESO DEL TARRO	gr	23.30
PESO DEL AGUA	gr	7.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	66.51
HUMEDAD %	%	11.28

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	4	5	6	C	D	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	50.12	51.26	50.87	22.87	22.97
SUELO SECO + TARRO	gr	43.69	43.95	43.91	20.89	20.80
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	6.43	7.31	6.96	1.98	2.17
PESO DEL SUELO SECO	gr	22.69	22.95	22.91	12.88	12.79
HUMEDAD %	%	28.34	31.85	30.38	15.37	16.97
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 29.79 **LIMITE PLASTICO** : 16.17

INDICE PLASTICO : 13.62

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
M.Sc. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

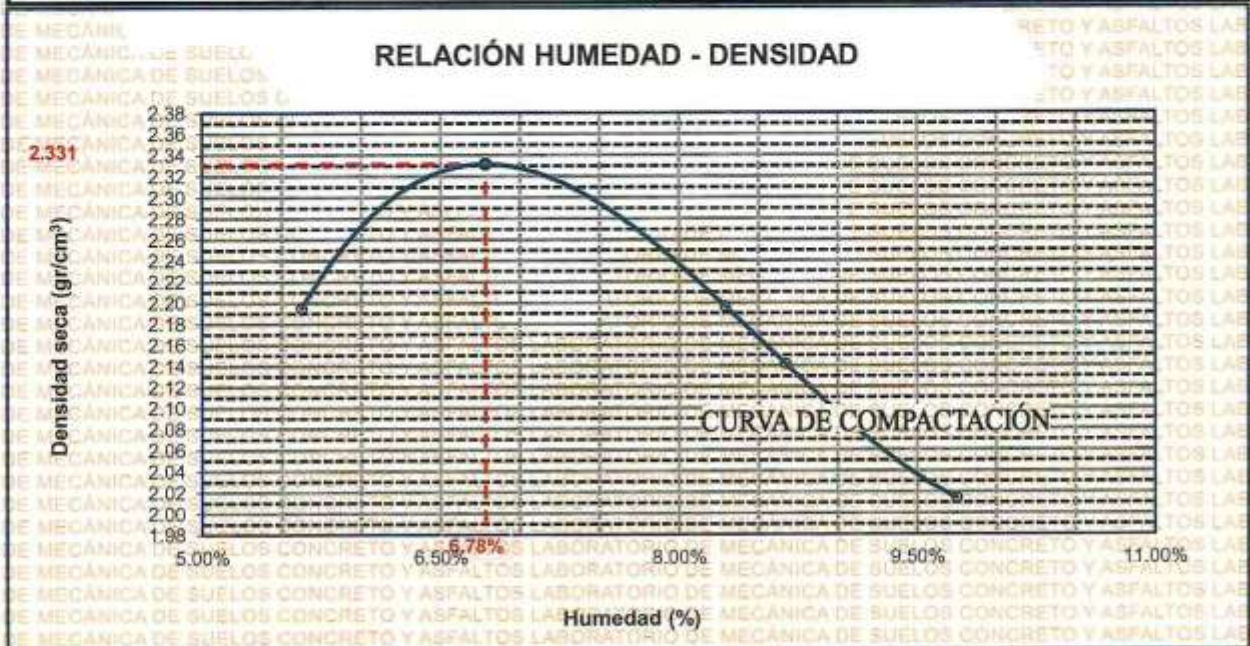
TESIS	: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	: Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	: 08 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2132 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10924	11052	10943	10694
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4943	5071	4962	4713
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.318	2.379	2.327	2.211

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	433.59	418.61	446.45	438.12	433.49	437.09	415.04	409.11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	416.24	397.37	430.42	397.32	413.11	398.43	367.62	374.66
Peso del Agua	gr.	17.35	21.24	16.03	40.80	20.38	38.66	27.42	34.45
Peso de la Capsula	gr.	62.08	63.12	63.37	63.41	63.57	62.62	63.54	62.62
Peso del Suelo Seco	gr.	354.16	334.25	367.05	333.91	349.54	335.81	324.08	312.04
% de Humedad	%	4.90%	6.35%	4.37%	12.22%	5.83%	11.51%	8.46%	11.04%
Promedio de Humedad	%	5.63%		8.29%		8.67%		9.75%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.195		2.196		2.142		2.014	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.331 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 6.78%



Mag. Arnoldo Yana Torres
 517 103277



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE : Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN : DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12784	12758	13653	13691	13997	14013
Peso del Molde	gr.	7987	7987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4777	4771	4887	4925	5464	5480
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.270	2.267	2.325	2.343	2.606	2.614

Capsula No.	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	422.31	431.26	315.32	423.34	434.62	326.00	400.34	409.32	256.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	387.65	389.32	284.64	386.33	397.44	299.61	373.60	378.62	238.71
Peso del Agua	gr.	34.66	41.94	30.68	37.01	37.18	26.39	26.74	30.70	17.67
Peso de la Capsula	gr.	38.70	38.48	23.41	38.70	39.38	23.54	40.68	39.84	23.42
Peso del Suelo Seco	gr.	348.95	350.86	261.23	347.63	358.06	276.07	332.92	338.78	215.29
% de Humedad	%	9.93%	11.95%	11.74%	10.65%	10.38%	9.56%	8.03%	9.06%	8.21%
Promedio de Humedad	%	10.94%		11.74%	10.52%		9.56%	8.55%		8.21%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.046	2.028	2.104	2.104	2.139	2.401	2.401	2.416	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I						
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.			
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		55.2	259.5	0.9		60.2	281	14.2		75.6	346	17.5		79.4	362	18.3
1.27	01:00		59.6	278.1	14.1		65.8	305	15.4		86.3	392	19.8		92.4	417	21.1
1.91	01:30		60.4	281.3	14.2		71.2	327	16.6		97.6	440	22.2		102.3	459	23.2
2.54	02:00	70.31	66.3	306.3	15.5		75.4	345	17.4		106.4	477	24.1		110.2	493	24.9
3.81	03:00		69.3	319.4	16.1		84.4	383	19.4		112.3	502	25.4		100.2	451	22.8
5.09	04:00	105.00	74.2	340.2	17.2		88.6	401	20.3		115.8	517	26.1				
6.35	05:00		78.3	357.5	18.1		82.5	418	21.1								
7.62	06:00		82.2	373.9	18.9												
8.84	07:00		86.3	391.6	19.8												
10.16	08:00		90.1	407.6	20.8												



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - OFICINA DE INGENIERÍA CIVIL

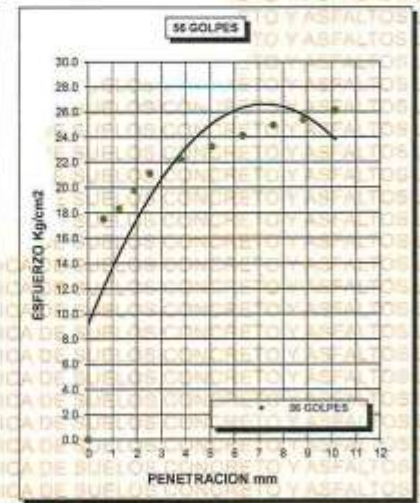
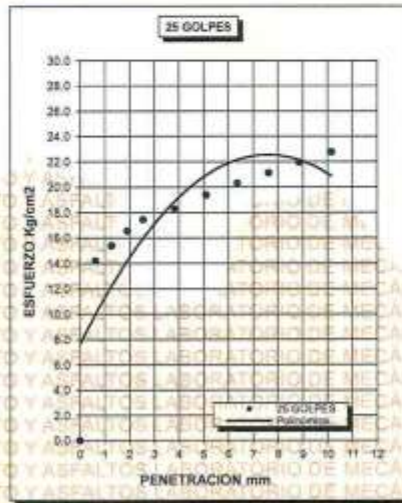
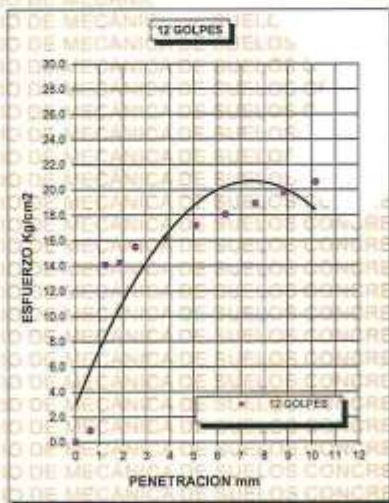
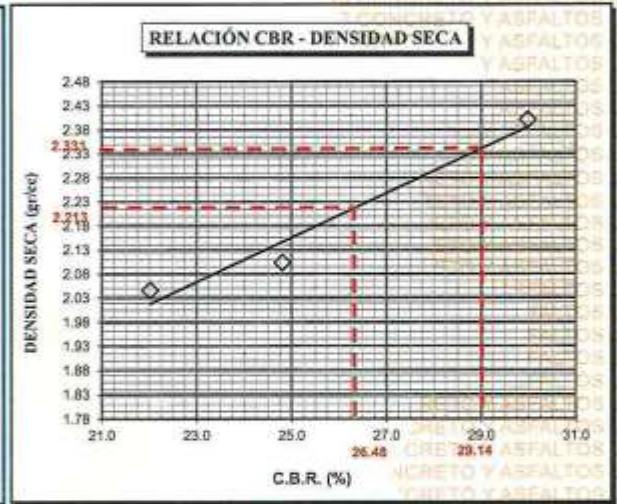
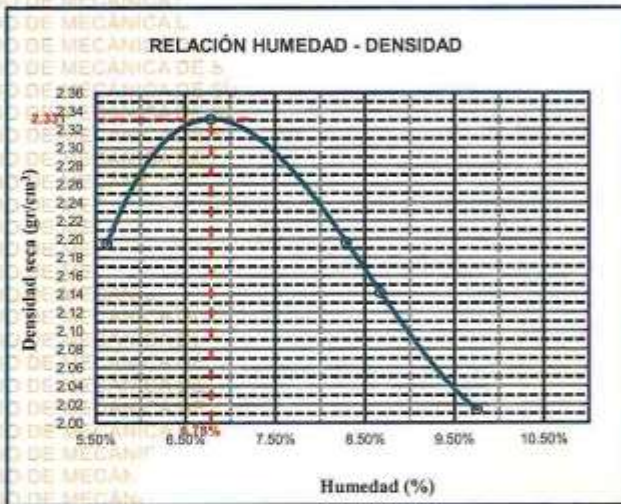
M. Sc. Arnaldo Yane Torres
08/04/2024



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.331
UBICACIÓN :	DISTRITO DE ILAVE	HUMEDAD OPTIMA (%) 6.78%
MUESTRA :	CALICATA - 01	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 29.14
FECHA :	08 DE ABRIL DEL 2024	EMBEBIDO :
		CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 26.48



CBR 22.02

CBR 24.81

CBR 29.99



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CALZADA INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arriada Yana Torres
CIF 103257

BIE : 8006-00308675



AMIENTOS P

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

EGOS DEL DIS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

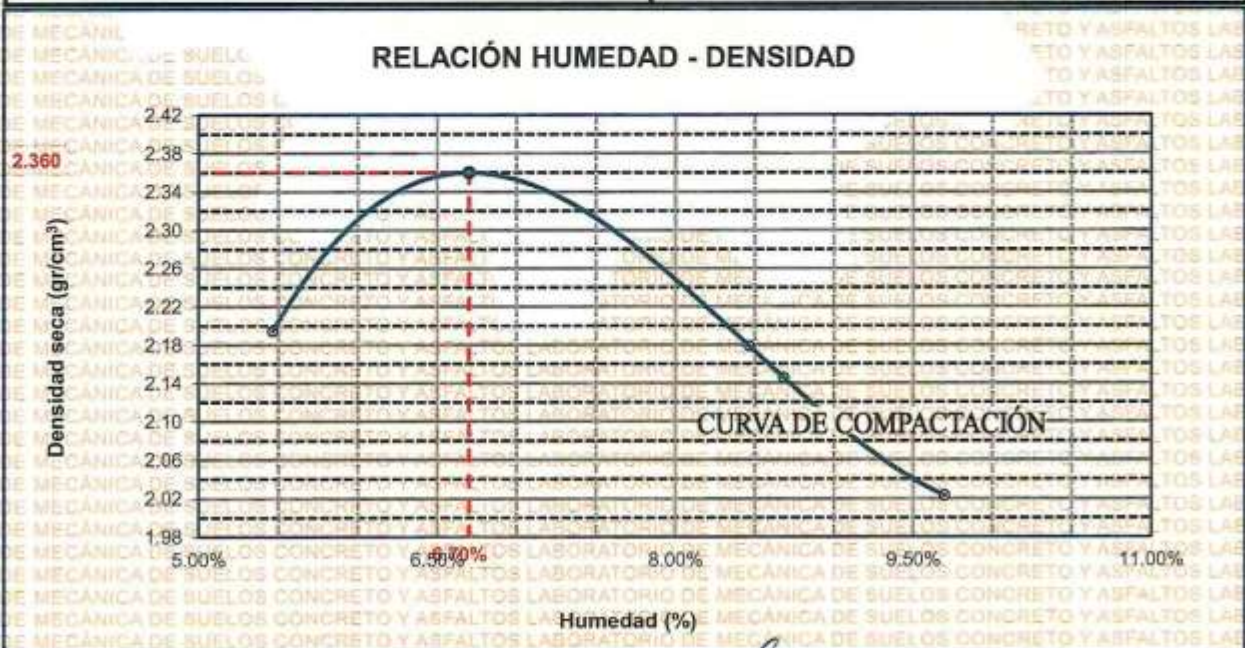
TESIS	: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	: Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 1
FECHA	: 06 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2132 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10915	11019	10952	10712
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4934	5038	4971	4731
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.314	2.363	2.332	2.219

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	434.11	417.21	447.45	438.46	433.56	437.29	414.32	408.11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	416.42	397.37	430.36	397.46	413.29	398.43	386.32	374.66
Peso del Agua	gr.	17.69	19.84	17.09	41.00	20.27	38.86	28.00	33.45
Peso de la Capsula	gr.	62.08	63.36	63.37	63.41	63.57	62.62	63.54	62.62
Peso del Suelo Seco	gr.	354.34	334.01	366.99	334.05	349.72	335.81	322.78	312.04
% de Humedad	%	4.99%	5.94%	4.66%	12.27%	5.80%	11.57%	8.67%	10.72%
Promedio de Humedad	%	5.47%		8.47%		8.66%		9.70%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.194		2.179		2.145		2.023	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.360 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 6.70%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 INCP - CALINGUEZ, PERÚ
 LABORATORIO M.S.C.A.
 Mgf. Arnulfo Yano Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	: Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 1
FECHA	: 08 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12772	12768	13688	13780	14051	14023
Peso del Molde	gr.	7987	7987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4785	4781	4922	5014	5518	5490
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.273	2.271	2.342	2.385	2.632	2.619

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	422.46	431.31	315.29	424.67	435.62	325.31	401.00	409.00	256.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	387.31	389.26	284.59	387.12	386.00	299.00	371.23	377.36	237.22
Peso del Agua	gr.	35.15	42.05	30.70	37.55	37.62	26.31	29.77	31.64	16.78
Peso de la Capsula	gr.	38.72	38.26	23.49	38.62	39.45	23.38	40.21	39.30	23.00
Peso del Suelo Seco	gr.	348.59	351.00	261.10	348.50	356.55	275.64	331.02	338.06	214.22
% de Humedad	%	10.08%	11.98%	11.76%	10.77%	10.49%	9.55%	8.99%	9.36%	8.77%
Promedio de Humedad	%	11.03%		11.76%	10.63%		9.55%	9.18%		8.77%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.047		2.032	2.117		2.178	2.411		2.408

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		56.3	264.2	0.9	62.4	290	14.6		73.6	338	17.1		
1.27	01:00		59.0	275.3	13.9	66.3	307	15.5		76.3	358	18.1		
1.91	01:30		60.6	282.4	14.3	73.3	336	17.0		85.3	387	19.6		
2.54	02:00	70.31	65.6	303.7	15.3	78.3	358	18.1		93.3	421	21.3		
3.81	03:00		69.3	319.4	16.1	80.4	368	18.5		97.0	437	22.1		
5.09	04:00	105.00	75.3	344.8	17.4	86.3	391	19.8		103.2	463	23.4		
6.35	05:00		79.3	361.8	18.3	89.3	404	20.4		106.4	477	24.1		
7.62	06:00		83.2	378.4	19.1	92.0	416	21.0		110.0	492	24.9		
8.84	07:00		89.0	398.6	20.1	96.4	434	22.0		112.0	501	25.3		
10.16	08:00		91.0	411.3	20.8	101.3	455	23.0		114.3	510	25.8		



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Armando Yana Torres

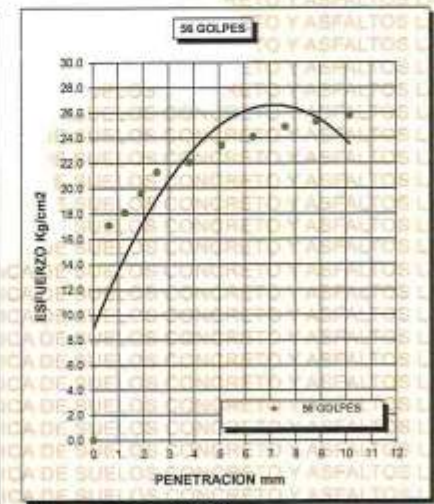
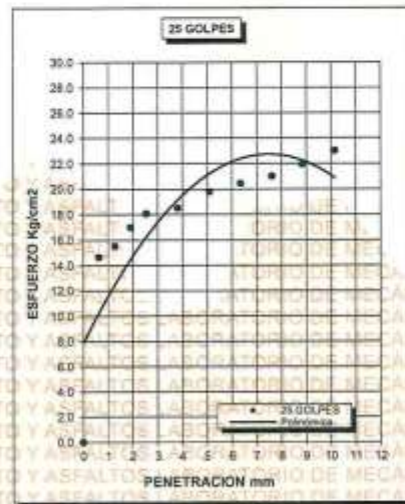
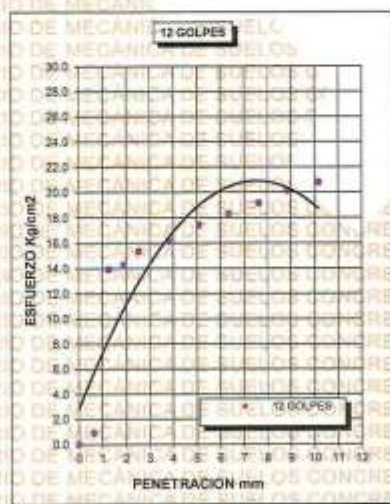
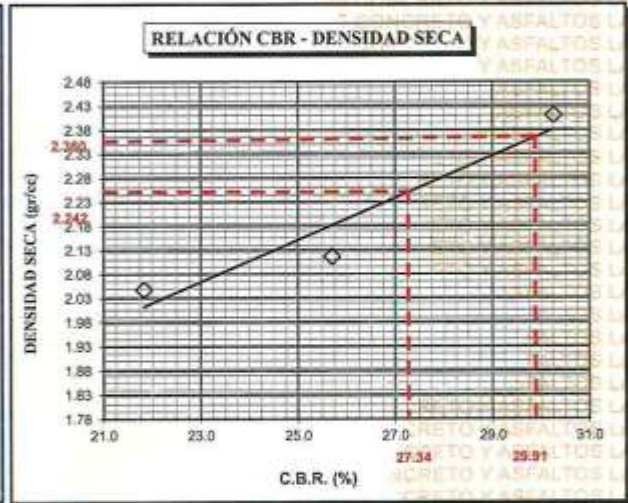
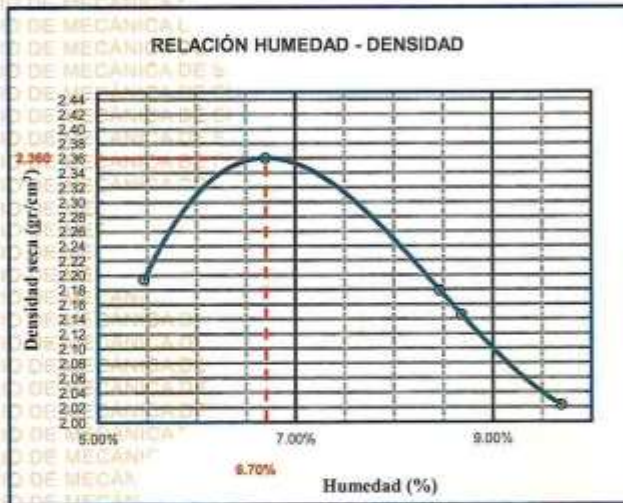
DE: 0000-00000075



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.360
UBICACIÓN :	DISTRITO DE ILAVE	HUMEDAD OPTIMA (%)	6.70%
MUESTRA :	CALICATA - 02	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	29.91
FECHA :	08 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	27.34
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL
 Mg. Arayaldo Yano Torres
 CIP 103257

BIE : 8006-00308675



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	08 DE ABRIL DEL 2024

Capa: Subrasante				Factor PDC	1
ENSAYO N° 01					
NUMERO DE GOLPE SUCESIVO	LECTURA PDC (mm)	PENETRACION (mm)	PENETRACION/ GOLPE (P/G)	PDC	CBR
0	945	0	0	0	0.00
1	939	6	6	6	39.25
2	925	14	7	7	33.03
3	904	21	7	7	33.03
4	878	26	6.5	6.5	35.89
5	842	36	7.2	7.2	32.00
6	802	40	6.7	6.7	34.88
7	759	43	6.1	6.1	38.23
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
				CBR Promedio (%)	30.79


 Mgtr. Arnaldo Yano Torres
 D.P. 433257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS :EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE

SOLICITANTE Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS

UBICACIÓN DISTRITO DE ILAVE

MUESTRA CALICATA 2

FECHA 08 DE ABRIL DEL 2024

Capa: Subrasante				Factor PDC	OS 01
ENSAYO Nº 01					
NUMERO DE GOLPE SUCESIVO	LECTURA PDC (mm)	PENETRACION (mm)	PENETRACION/ GOLPE (P/G)	PDC	CBR
0	910	0	0.00	0.00	0.00
1	900	10	10.00	10.00	22.15
2	880	20	10.00	10.00	22.15
3	845	35	11.67	11.67	18.64
4	810	35	8.75	8.75	25.72
5	780	30	6.00	6.00	39.25
6	750	30	5.00	5.00	48.14
7	723	27	3.86	3.86	64.38
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
				CBR Promedio (%)	30.05

Mgr. Arnaldo Yana Torres
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	:EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	08 DE ABRIL DEL 2024

Capa: Subbase				Factor PDC	1
ENSAYO Nº 01					
NUMERO DE GOLPE SUCESIVO	LECTURA PDC (mm)	PENETRACION (mm)	PENETRACION/ GOLPE (P/G)	PDC	CBR
0	920	0	0	0	0.00
1	917	3	3	3	85.31
2	910	7	3.5	3.5	71.78
3	900	10	3.3	3.3	75.82
4	886	14	3.5	3.5	71.78
5	869	17	3.4	3.4	74.15
6	848	21	3.5	3.5	71.78
7	824	24	3.4	3.4	73.46
8	798	26	3.3	3.3	78.00
9	769	29	3.2	3.2	78.75
10	734	35	3.5	3.5	71.78
11	696	38	3.5	3.5	72.84
12					
13					
14					
				CBR Promedio (%)	68.79



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 C.V.P. 803257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	·EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO DE ILAVE
SOLICITANTE	Bach. ELMER VENTURA CONTRERAS
UBICACIÓN	DISTRITO DE ILAVE
MUESTRA	CALICATA 2
FECHA	08 DE ABRIL DEL 2024

Capa: Subbase				Factor PDC	1
ENSAYO Nº 01					
NUMERO DE GOLPE SUCESIVO	LECTURA PDC (mm)	PENETRACION (mm)	PENETRACION/ GOLPE (P/G)	PDC	CBR
0	915	0	0.00	0.00	0.00
1	912	3	3.00	3.00	85.31
2	906	6	3.00	3.00	85.31
3	896	10	3.33	3.33	75.82
4	884	12	3.00	3.00	85.31
5	866	18	3.60	3.60	69.55
6	844	22	3.67	3.67	68.14
7	820	24	3.43	3.43	73.46
8	794	26	3.25	3.25	78.00
9	763	31	3.44	3.44	73.08
10	729	34	3.40	3.40	74.15
11	689	40	3.64	3.64	68.78
12					
13					
14					
				CBR Promedio (%)	69.74

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - C.A. INGENIERÍA CIVIL

Merla Arnaldo Yana Torres
C.I.F. 103297

LABORATORIO M.S.C.A. ILAVE

Anexo 3. Fotografías tomadas

- **Fotografías en campo**



Fotografía 1. Evaluación superficial



Fotografía 2. Evaluación superficial



Fotografía 3. Falla de piel de cocodrilo



Fotografía 4. Falla de piel de cocodrilo



Fotografía 5. Falla de ahullamiento

- **Fotografías en laboratorio**



Galaxy A54 5G



Galaxy A54 5G

Fotografía 6. Ensayo en laboratorio- muestra secada en horno



Fotografía 7. Ensayo en laboratorio- Casagrande



Fotografía 8. Ensayo en laboratorio-Limite plástico



Fotografía 9. Apisonado de la muestra



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 20-06-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ELMER VENTURA CONTRERAS

Dirección: Jr. SAN MARTIN 124

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43538390

Teléfono: 995 577 012 email: ariaco2005@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO
POR EL MÉTODO DE WHITETOPPING DE LA AVENIDA ENRIQUE GALLEGOS DEL DISTRITO
DE ILAVE

Palabras claves, (3 a 5 términos): PAVIMENTO FLEXIBLE, EVOLUCIÓN SUPERFICIAL, WHITETOPPING

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

20-06-2025

Fecha