

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad

Línea de investigación

Ingeniería de Transporte

Sub Línea de investigación

Transportes

Autores:

De La Cruz Gómez, Yolving Miguel
Huamán Bazán, Jefferson Joel

Jurado Evaluador:

Presidente : Hurtado Zamora, Oswaldo
Secretario : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro
Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

Asesor:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

Trujillo – Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/11/03

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad

Línea de investigación

Ingeniería de Transporte

Sub Línea de investigación

Transportes

Autores:

De La Cruz Gómez, Yolving Miguel
Huamán Bazán, Jefferson Joel

Jurado Evaluador:

Presidente : Hurtado Zamora, Oswaldo
Secretario : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro
Vocal : Gálvez Paredes, José Acides

Asesor:

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

Trujillo – Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/11/03

Determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 9% | 5% | 1% | 7% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Submitted to University of New South Wales Trabajo del estudiante | 4% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 3% |
| 3 | Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante | 1% |
| 4 | virtual.urbe.edu Fuente de Internet | 1% |
| 5 | tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%



ing. Merino Martinez Marcelo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Merino Martínez Marcelo Edmundo, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada

"Determinación de la condición del pavimento Flexible mediante la viga Benkelman para el diseño de reforzamiento en la Av. Mansiche y Jesús de Nazareth - Trujillo La Libertad" del (los) autor (es) De la Cruz Gomez Yolving Miguel y Huaman BAZAN Jefferson Joel, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 23 de octubre del 2023
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis "determinación de la Condición del Pavimento Flexible mediante la viga Benkelman para el diseño de reforzamiento en la Av. Mansiche y Jesús de NAZARETH - Trujillo La Libertad", y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: 25 de octubre del 2023; Trujillo

De la Cruz Gomez Yolving Miguel
DNI: 71098981

Huaman BAZAN Jefferson Joel
DNI: 73575063



Merino Martínez Marcelo Edmundo
DNI: 17983739
ORCID: 0000-0003-4733-4959

DEDICATORIA

A mi madre por el esfuerzo, apoyo y motivación. Pero en especial a mi padre que a pesar de no encontrarse ya en el mundo terrenal me acompaña y guía mis pasos todos los días para poder mejorar.

A mi hermana por el apoyo que a pesar de la distancia siempre está para para motivarme y aconsejarme.

Br. De La Cruz Gómez Yolving Miguel

DEDICATORIA

A mis padres por el esfuerzo, apoyo y motivación del día a día para que pueda mejorar como persona y como profesional.

A mi esposa e hijos por el apoyo y las fuerzas que me brindan para poder luchar y ser mejor persona para día.

Br. Huamán Bazán Jefferson Joel

AGRADECIMIENTO

A:

PADRES:

Son los motores que impulsan nuestras sueños y esperanzas, permanentemente están ahí para nosotros en los días más difíciles. Este trabajo no se hubiera hecho sin ustedes y tus virtudes, sin tu paciencia y perseverancia.

MS. MERINO MARTINEZ, MARCELO EDMUNDO:

Sus sabias palabras y su sabio conocimiento les deben nuestro conocimiento. Los llevamos en su viaje profesional donde quiera que vayamos. Le agradecemos por la paciencia que nos brindó, nos guio con sus bastos conocimientos profesionales, por su compromiso, tolerancia y perseverar con nosotros.

**Br. De La Cruz Gómez Yolving Miguel
Br. Huamán Bazán Jefferson Joel**

RESUMEN

El proyecto presentado tiene como objetivo general, el determinar la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas; Mansiche y Jesús Nazareth en Trujillo, La Libertad, donde tiene como orientación la metodología aplicada, su técnica de contrastación es de manera descriptiva. Para poder ejecutar este proyecto se inició utilizando una proyección vehicular de 20 años, donde obtuvimos de ESAL de diseño, que se trabajó para saber el tipo de tránsito, resultando de Tp_6 . Mediante la aplicación de la metodología PCI, se pudo saber en qué condiciones se encuentra el pavimento, en base a las fallas que presenta y a qué nivel de severidad se encuentran, obteniendo como resultado un PCI promedio de las unidades de muestra, de 49, el cual está clasificado como pavimento en condición REGULAR. Por último, aplicamos el método de la viga Benkelman, para determinar la situación actual del paquete estructural en relación a la subrasante donde como resultado se tuvo que se encontraba en el CASO 2 según la clasificación que nos da el manual de carreteras.

Una vez obtenido todos los resultados, se realizó el diseño respectivo del reforzamiento necesario para este caso, para ello fue necesario saber el ESAL de diseño, previamente calculado. En conclusión, se obtuvo un reforzamiento estructural de 4cm para la avenida Mansiche y avenida Jesús de Nazareth.

Palabras claves: ESAL, PCI, VIGA BENLEKMAN.

ABSTRACT

The project presented has as a general objective, to determine the condition of the flexible pavement by means of the Benkelman beam for the design of reinforcement in the Avenues; Mansiche and Jesús Nazareth in Trujillo, La Libertad, where the applied methodology is oriented, its contrasting technique is descriptive. In order to execute this project, it began using a 20-year vehicular projection, where we obtained a design from ESAL, which was worked on to determine the type of traffic, resulting in Tp6. Through the application of the PCI methodology, it was possible to know in what conditions the pavement is, based on the failures it presents and at what level of severity they are, obtaining as a result an average PCI of the sample units of 49, the which is classified as pavement in REGULAR condition. Finally, we apply the Benkelman beam method to determine the current situation of the structural package in relation to the subgrade where, as a result, it was found to be in CASE 2 according to the classification given by the highway manual.

Once all the results were obtained, the respective design of the reinforcement necessary for this case was carried out, for this it was necessary to know the design ESAL, previously calculated. In conclusion, a 4cm structural reinforcement was obtained for Mansiche avenue and Jesús de Narareth avenue.

Keywords: ESAL, PCI, BENLEKMAN BEAM.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando fiel cumplimiento a los requerimientos y normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos proporcionados por la Facultad de Ingeniería de nuestra casa de estudios “Universidad Privada Antenor Orrego”, en mira a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil, ponemos a disposición la presente tesis titulada:

DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA VIGA DE BENKELMAN PARA EL DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN LAS AVENIDAS MANSICHE Y JESÚS NAZARETH – TRUJILLO LA LIBERTAD

La integración de información presentada en la tesis, fue basada en conocimientos obtenidos durante nuestra formación académica, investigaciones a través de libros, ensayos, revistas, manuales técnicos, entre otras fuentes de confianza, en paralelo y guía de los conocimientos de nuestro asesor Ms. Merino Martínez, Marcelo Edmundo.

Atentamente,

Br. De La Cruz Gómez, Yolving Miguel

Br. Huamán Bazán, Jefferson Joel

Trujillo, 01 de abril del 2023

INDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| PRESENTACIÓN..... | vi |
| ÍNDICE..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | x |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xi |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| 1.1. Problema de investigación..... | 18 |
| 1.1.1. Descripción de la problemática..... | 18 |
| 1.1.2. Enunciado del problema..... | 19 |
| 1.2. Objetivos:..... | 20 |
| 1.2.1. Objetivo General:..... | 20 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos:..... | 20 |
| 1.3. Justificación..... | 21 |
| II MARCO DE REFERENCIA..... | 22 |
| 2.1. Antecedentes:..... | 22 |
| 2.1.1. Internacionales:..... | 22 |
| 2.2.1. Nacionales:..... | 23 |
| 2.2.2. Locales:..... | 25 |
| 2.2. Marco Teórico..... | 27 |
| 2.2.1 Estudio de tráfico:..... | 27 |
| 2.2.1.1. Factor direccional y factor carril:..... | 27 |
| 2.2.1.2. Tasa de crecimiento y proyección:..... | 28 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.2.1.3. | Factor de vehículo Pesado (Fvp): | 28 |
| 2.2.1.4. | Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE): | 31 |
| 2.2.2 | <i>Tipo de tráfico en base al ESAL de diseño:</i> | 32 |
| 2.2.3 | <i>Metodología del PCI:</i> | 33 |
| 2.2.3.1 | Proceso para evaluar el estado actual del Pavimento: | 34 |
| 2.2.4 | <i>Metodología de Evaluación estructural por deflectometría:</i> | 36 |
| 2.2.4.1. | Equipo para el ensayo de medición de deflexiones (viga Benkelman): | 36 |
| 2.2.4.2. | Procedimiento para la obtención del Radio de curvatura (Rc) y la deflexión característica (Dc): | 38 |
| 2.2.4.3. | Diseño de reforzamiento en pavimento flexible: | 43 |
| 2.3. | Marco conceptual | 47 |
| 2.4. | Hipótesis | 48 |
| III | METODOLOGÍA EMPLEADA | 50 |
| 3.1. | Tipo y nivel de investigación | 50 |
| 3.1.1 | <i>De acuerdo a la orientación:</i> | 50 |
| 3.1.2. | <i>De acuerdo a la técnica de contrastación:</i> | 50 |
| 3.1.3. | <i>Línea de investigación:</i> | 50 |
| 3.2. | Población y muestra de estudio | 50 |
| 3.2.1 | <i>Población</i> | 50 |
| 3.2.2 | <i>Muestra</i> | 50 |
| 3.3. | Diseño de Contrastación | 50 |
| 3.4. | Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos | 51 |
| 3.5. | Procesamiento y análisis de datos | 52 |
| 3.5.1. | <i>Volumen vehicular</i> | 52 |
| 3.5.2. | <i>Tipo de tráfico según el ESAL de diseño:</i> | 64 |
| 3.5.3. | <i>Metodología del PCI</i> | 64 |
| 3.5.4. | <i>Evaluación estructural empleando la Viga de Benkelman</i> | 85 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3.5.6.1. | Cálculo de la deflexión característica y radios de curvatura: | 85 |
| 3.5.6.2. | Diseño de espesor de reforzamiento | 89 |
| 3.5.7. | <i>Planos de secciones transversales con el diseño de reforzamiento:.....</i> | 90 |
| IV | PRESENTACION DE RESULTADOS..... | 94 |
| 4.1 | Análisis e interpretación de resultados:..... | 94 |
| V | DISCUSION DE LOS RESULTADOS..... | 95 |
| | CONCLUSIONES..... | 96 |
| | RECOMENDACIONES | 97 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 98 |
| | ANEXOS | 100 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Tabla 1 | 27 |
| Tabla 2 | 28 |
| Tabla 3 | 29 |
| Tabla 4 | 30 |
| Tabla 5 | 30 |
| Tabla 6 | 32 |
| Tabla 7 | 33 |
| Tabla 8 | 35 |
| Tabla 9 | 38 |
| Tabla 10 | 39 |
| Tabla 11 | 42 |
| Tabla 12 | 45 |
| Tabla 13 | 46 |
| Tabla 14 | 49 |
| Tabla 15 | 51 |
| Tabla 16 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 17 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 18 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 19 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 20 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 21 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 22 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 23 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 24 | 61 |
| Tabla 25 | 62 |
| Tabla 26 | 62 |

| | |
|----------------|----|
| Tabla 27 | 63 |
| Tabla 28 | 65 |
| Tabla 29 | 66 |
| Tabla 30 | 66 |
| Tabla 31 | 67 |
| Tabla 32 | 67 |
| Tabla 33 | 68 |
| Tabla 34 | 68 |
| Tabla 35 | 69 |
| Tabla 36 | 69 |
| Tabla 37 | 70 |
| Tabla 38 | 70 |
| Tabla 39 | 71 |
| Tabla 40 | 71 |
| Tabla 41 | 72 |
| Tabla 42 | 72 |
| Tabla 43 | 73 |
| Tabla 44 | 73 |
| Tabla 45 | 74 |
| Tabla 46 | 74 |
| Tabla 47 | 75 |
| Tabla 48 | 75 |
| Tabla 49 | 76 |
| Tabla 50 | 76 |
| Tabla 51 | 77 |
| Tabla 52 | 77 |
| Tabla 53 | 78 |

| | |
|----------------|----|
| Tabla 54 | 78 |
| Tabla 55 | 79 |
| Tabla 56 | 79 |
| Tabla 57 | 80 |
| Tabla 58 | 80 |
| Tabla 59 | 81 |
| Tabla 60 | 81 |
| Tabla 61 | 82 |
| Tabla 62 | 82 |
| Tabla 63 | 83 |
| Tabla 64 | 83 |
| Tabla 65 | 84 |
| Tabla 66 | 85 |
| Tabla 67 | 86 |
| Tabla 68 | 87 |
| Tabla 69 | 88 |
| Tabla 70 | 89 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|-------------------|----|
| Ecuación 1..... | 28 |
| Ecuación 2..... | 31 |
| Ecuación 3 | 31 |
| Ecuación 4..... | 31 |
| Ecuación 5 | 34 |
| Ecuación 6 | 34 |
| Ecuación 7 | 35 |
| Ecuación 8..... | 35 |
| Ecuación 9..... | 39 |
| Ecuación 10..... | 40 |
| Ecuación 11..... | 40 |
| Ecuación 12..... | 41 |
| Ecuación 13..... | 41 |
| Ecuación 14 | 43 |
| Ecuación 15 | 43 |
| Ecuación 16 | 43 |
| Ecuación 17..... | 43 |
| Ecuación 18..... | 44 |
| Ecuación 19..... | 44 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---------------------|----|
| Ilustracion 1 | 37 |
| Ilustracion 2 | 40 |
| Ilustracion 3 | 41 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|----------------|-----|
| Anexo 1 | 100 |
| Anexo 2 | 100 |
| Anexo 3 | 101 |
| Anexo 4 | 101 |
| Anexo 5 | 102 |
| Anexo 6 | 102 |
| Anexo 7 | 103 |
| Anexo 8 | 103 |
| Anexo 9 | 104 |
| Anexo 10 | 104 |
| Anexo 11 | 105 |
| Anexo 12 | 105 |
| Anexo 13 | 106 |
| Anexo 14 | 106 |
| Anexo 15 | 107 |
| Anexo 16 | 107 |
| Anexo 17 | 108 |
| Anexo 18 | 108 |
| Anexo 19 | 109 |
| Anexo 20 | 109 |
| Anexo 21 | 110 |
| Anexo 22 | 110 |
| Anexo 23 | 111 |
| Anexo 24 | 111 |
| Anexo 25 | 112 |
| Anexo 26 | 112 |

| | |
|----------------|-----|
| Anexo 27 | 113 |
| Anexo 28 | 113 |
| Anexo 29 | 114 |
| Anexo 30 | 114 |
| Anexo 31 | 115 |
| Anexo 32 | 115 |
| Anexo 33 | 116 |
| Anexo 34 | 116 |
| Anexo 35 | 117 |
| Anexo 36 | 117 |
| Anexo 37 | 118 |
| Anexo 38 | 119 |
| Anexo 39 | 119 |
| Anexo 40 | 120 |
| Anexo 41 | 120 |
| Anexo 42 | 121 |
| Anexo 43 | 121 |
| Anexo 44 | 122 |
| Anexo 45 | 122 |
| Anexo 46 | 123 |
| Anexo 47 | 123 |
| Anexo 48 | 124 |
| Anexo 49 | 124 |
| Anexo 50 | 125 |
| Anexo 51 | 126 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Descripción de la problemática

Según Obregón (2018), la infraestructura vial proporciona una base fundamental en el desarrollo económico-social. Alrededor del 95% de las carreteras del mundo están hechas de pavimento flexible, estructura de pavimento más favorecida para construir carreteras y autopistas. Su durabilidad depende de parámetros como el grosor de las capas, la calidad de los materiales del pavimento y las condiciones ambientales. Por consiguiente, el pavimento flexible durante su tiempo de vida soporta grandes cargas en su superficie provocados por todos los tipos de vehículos y es por eso que su adecuado funcionamiento de un pavimento flexible hoy en día es primordial por que deberá brindar una circulación segura y sin molestias para los vehículos y personas a bordo.

La construcción y mantenimiento son factores estratégicos. Sin embargo, muchas autoridades no dimensionan adecuadamente la importancia de dichos factores. Es una realidad y se ve reflejada en las pistas de hoy en día, el mal estado de casi todas las pistas de la ciudad de Trujillo generando malestar en las personas y sobre todo en los vehículos que a diario circulan por las vías dañadas al mismo tiempo se nota la ineficiencia en el diseño de los pavimentos flexibles.

La formación de surcos y grietas en el pavimento es causada por agentes como las cargas excesivas, las repetidas cargas de tráfico, los cambios de volumen de tráfico, el material compresivo bajo el sistema de pavimento y materiales de pavimento susceptibles a las heladas. En el caso de la ciudad de Trujillo en los últimos años ha surgido un gran aumento de vehículos que usan a diario las vías de acceso, es la principal causante de congestionamiento vehicular; a la vez es notorio la ejecución de obras viales con pavimentos flexibles, a pesar de ello, se exhiben grietas y fallas prematuras ni bien culminan el proceso de construcción de las mismas, lo que genera malestar e inseguridad en la población.

Frente a esta problemática según Ministerio de Economía y Finanzas (2021), una estrategia de mantenimiento deficiente o incorrecta puede provocar un deterioro significativo y acelerado del patrimonio vial. Por ese motivo, diversas agencias viales han desarrollado Sistemas de Gestión de Pavimentos para analizar el ciclo de vida de las infraestructuras viarias existentes mediante modelos de

deterioro del pavimento. El refuerzo de un pavimento flexible principalmente es utilizado para optimizar y prolongar la vida útil de las vías pavimentadas y al mismo tiempo reducir en lo mínimo la profundidad de surcos, grietas, piel de cocodrilo, ondulaciones, etc. Para todo refuerzo o mantenimiento siempre se realiza un previo análisis de la funcionabilidad y estructura del pavimento.

Conforme al Manual de carreteras (2014) el tipo de evaluación determinará el desempeño o la capacidad de un pavimento para mantener su integridad estructural. Para ello, se utiliza, la viga de Benkelman, principalmente, porque constituye un ensayo no destructivo. La viga de Benkelman es usado en muchos proyectos de rehabilitación de pavimentos, puesto que dicho dispositivo nos brinda datos reales acerca de las deflexiones existentes en los pavimentos flexibles, con la suma de todo lo mencionado, se procedió a dar paso al estudio del diseño de reforzamiento empleando la viga de Benkelman en la pavimentación asfáltica en la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo – La Libertad, donde los punto de estudio están contemplados desde la intersección de Jesús de Nazareth con la Av. Juan Pablo II y así mismo el tramo de Avenida Mansiche hasta el ingreso a Chanchan, con lo cual tendremos un total de 8.66 km de muestra de estudio.

1.1.2. Enunciado del problema

¿Cuál es el diseño de reforzamiento al determinar la condición de pavimento flexible mediante la viga de Benkelman de la Avenida Mansiche y Jesús de Nazareth, Trujillo, La Libertad?

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General:

Determinar la condición del pavimento flexible mediante la viga de benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo - La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Calcular el ESAL de diseño mediante un estudio de tráfico de la avenida Mansiche y avenida Jesús Nazareth.
- Identificar el tipo de tráfico de diseño en la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo – La Libertad.
- Clasificar el estado actual del pavimento de la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth mediante el método PCI.
- Hallar la deflexión máxima de los puntos de ensayo en el pavimento flexible de la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth empleando la viga de Benkelman.
- Determinar la deflexión característica y radio de curvatura del pavimento flexible de la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth.
- Establecer la situación estructural actual del pavimento flexible de la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth.
- Realizar el diseño de reforzamiento en el pavimento asfáltico de la Avenida Mansiche y Jesús Nazareth.
- Diseñar los planos de secciones transversales con el diseño de reforzamiento en la avenida Mansiche y Jesús Nazareth.

1.3. Justificación

1.3.1. A nivel académico, el proyecto de tesis se justifica dado que los resultados obtenidos en campo por la viga de Benkelman contribuirán con datos reales acerca del estado del pavimento y así también los diseños de reforzamiento contribuirán con alternativas de solución para el mantenimiento periódico de un pavimento flexible, que tengan una realidad similar en la ciudad de Trujillo.

1.3.2. A nivel social, el proyecto de tesis se justifica, porque selecciona un asunto relevante para todas las comunidades y sus miembros que día a día juegan el rol ya sea de peatón o conductor, y que, por lo tanto, necesitan de carreteras bien construidas y con un mantenimiento permanente para con ello tener una mejora en la serviciabilidad, para disminuir los tiempos de recorrido de un punto a otro, producidos por el congestionamiento vehicular que esto a su vez se produce por el mal estado del pavimento.

1.3.3. A nivel ambiental, se justifica por resolver y contribuir el mal estado de la vía y la disminución la congestión vehicular en dicha avenida, debemos recordar que la aceleración y/o encendido de los vehículos produce un índice mayor de contaminación producto de la liberación de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

1.3.4. A nivel económico, se justifica porque al brindar una solución a las avenidas mal ejecutadas, se tendrá como resultado un transporte más eficiente, brindará calidad, seguridad y durabilidad, mejorará en la serviciabilidad, lo que conlleva a un menor costo en reparaciones de los vehículos, menos consumo de combustible, reducirá el tiempo de traslado aumentando el auge comercial y transportistas.

II MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes:

2.1.1. Internacionales:

Carrasco y Vishñay (2019) en su tesis denominada “Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkelman – Cuenca – Ecuador” tiene como objetivo principal realizar una estrategia de evaluación estructural para pavimentos flexibles en la ciudad ecuatoriana y capital de la provincia de Cañar, Azogues, teniendo como fundamento, las medidas obtenidas de las deflexiones presentes en el pavimento; mediante el instrumento, viga de Benkelman, continuado el método que corresponde a lo que indica la normativa siguiente “Standard test procedure for Benkelman beam deflection measurements”, y de acuerdo al siguiente análisis se ha ido incorporado las metodologías de la AASHTO y asimismo del Instituto de Asfalto para que de esa manera se pueda precisar la condición estructural del pavimento, así como también del soporte estructural requerido y el periodo de tiempo que se espera utilizar de forma remanente. Se observó que las distinciones en medio de las deflexiones de toda la viga no son relevantes en los datos obtenidos de la evaluación estructural, debido a ello se llegó a la conclusión que la viga llamada Benkelman de la Municipalidad de Azogues provincia de Cañar brinda referencias confiables. Los datos obtenidos del cálculo estructural de cada una de las calzadas, nos dieron a conocer que la calzada derecha (Norte-Sur) cuenta con un tiene una cabida estructural capaz de sostener las repetidas conductas de carga planeada para el tiempo de diseño previsto de 20 años, así mismo no necesita de refuerzo estructural, mientras tanto la calzada izquierda (Sur-Norte) necesita contar con un soporte estructural de 2 pulgadas para lograr soportar las cargas planteadas para el tiempo de diseño requerido. Esta investigación aportara de manera positiva puesto que nos brinda información importante acerca de la correcta calibración de la viga de bekelman y la metodología de la AASSHTO, para obtener datos reales y precisos.

Zago & dos Santos (2021) en su artículo denominado “Structural evaluation of pavements applying the MeDiNa Method and FWD and Benkelman beam deflection measurements” tuvo como objetivo contribuir a la aplicación del Método MeDiNa en la evaluación estructural de la Carretera Rio do Morro. La investigación

tuvo un enfoque empírico-mecanicista para el diseño de pavimentos asfálticos, fue pavimentado recientemente y evaluado por cuencas de deflexión utilizando FWD y la viga Benkelman en 110 puntos de prueba, las medidas de deflexión se compararon y los módulos de elasticidad se volvieron a calcular mediante el software BackMeDiNa. Se basó en datos recopilados de dos dispositivos comparados. Posteriormente, el software MeDiNa y los módulos elasticidad, previamente retro calculadas, se usaron para predecir la vida de fuga del pavimento. Los resultados demostraron la mayor dispersión entre los resultados recopilados del Benkelman deflexión del haz y la eficiencia de BackMeDiNa en el proceso de retrocálculo. Se concluyó que la deflexión medida con la viga Benkelman fue casi igual o inferior a los valores medidos por FWD debido al menor nivel de delectometría del pavimento, inferior a 60,10-2 mm. Este artículo nos brinda una perspectiva comparativa entre 2 instrumentos de medición mediante deflexiones, esta comparación con similitud en los resultados nos brinda una confiabilidad para hacer uso de la viga de benkelman en nuestra investigación.

2.2.1. Nacionales:

Balarezo (2018) en su tesis denominada “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento” tiene como principal objetivo ofrecer un conocimiento acerca del análisis estructural, haciendo uso de la viga Benkelman conforme al comienzo de un proyecto para el mantenimiento del pavimento, de interés por los gobiernos locales. El análisis estructural disponiendo la viga Benkelman posibilita entender en qué estado se encuentran actualmente los pavimentos asfálticos de la localidad, gracias a ello visualizar la consecuencia de su restablecimiento o mantenimiento. Esta investigación se destinó a una distancia específica del pavimento flexible de la Universidad de Piura, esta investigación se realizó con el fin de conocer y evaluar si el pavimento flexible está de forma correcta estructuralmente (Esg, CBR), y con el incremento de flujo vehicular como se podría asegurar que el refuerzo estructural necesitara el pavimento para otorgar una correcta serviciabilidad en un estimado de 20 años. Se tiene conocimiento que el soporte estructural no es de tipo granular más bien de tipo asfáltico, es decir, lograr conseguir una capa asfáltica de un espesor adecuado que se utilizará para proteger estructuralmente el pavimento (Hac). Por fortuna esta investigación nos permitirá comprender el estado del pavimento en confín de las referencias de la subrasante,

esto nos dice que se conseguirá su módulo de elasticidad (Esg) y su CBR. Se ha elegido el pavimento de la Universidad privada de Piura ubicada en la misma ciudad de Piura. En el inicio de este procedimiento se recolecta los datos, con el respectivo apoyo de la viga Benkelman, esta viga pertenece a un ensayo no destructivo. Los datos conseguidos de las mediciones de deflexiones, el modelo de Hogg y nomogramas los cuales son trabajados en Matlab, se conjetura el módulo de elasticidad (Esg) y CBR en términos de la subrasante, con el fin de conocer la situación del pavimento mediante su subrasante se confrontan los valores de CBR resultantes con los planteados por el MTC. Por último, se diseña un soporte estructural previniendo la conservación para el pavimento UDEP, con un alcance de un tiempo próximo de 20 años, adquiriéndose en este caso un espesor de 3 centímetros de asfalto preciso para efectuar con el SN exhortado para esta proyección en el pavimento. Esta investigación nos brinda un alcance acerca del tratamiento que se le deberá brindar al pavimento flexible en caso de que el pavimento presente deficiencia a nivel de subrasante, y nos sugiera hacer uso del refuerzo asfáltico el cual hoy en día es muy usado en la mayoría de los proyectos de similar objetivo, puesto que brinda una mejora significativa en el transcurso de los años.

Bonifacio (2022) en su tesis denominada “Evaluación de la capacidad estructural del pavimento flexible de la carretera Atuncolla-Complejo Arqueológico Sillustani-2020” tuvo como objetivo evaluar la capacidad estructural para soportar cargas de tránsito del pavimento de tipo flexible de la carretera Atuncolla – Complejo Arqueológico Sillustani (PU-1047). La investigación fue cualitativa, con un alcance descriptivo-aplicado. Se escogió una muestra para la evaluación estructural con la Viga Benkelman a 223 puntos, para lo cual se utilizó la evaluación del pavimento con una capacidad vehicular, con el propósito de precisar las capacidades de tránsito vigentes mediante la viga Benkelman se lograron reunir las dimensiones de las deflexiones en campo. Obtuvo como resultado una deflexión particular de “ 49.38×10^{-2} mm” que surgió tener una deflexión admisible menor de “ 104.75×10^{-2} mm”, se obtuvo un radio de curvatura media de 608.41 m, derivó ser mayor respecto al valor mínimo indicado por el método (100 metros). Concluyó que la conducta de la subrasante y así mismo del pavimento son afables y por esa razón la capacidad estructural del pavimento es relativamente “buena”. No obstante, aun cuando no se demostró insuficiencia estructural, se propone como un tipo de

intervención “las correcciones a nivel de superficie o superficiales”, gracias a la presencia de padecimientos en la superficie del pavimento. Esta investigación nos brinda información muy importante acerca de las cargas vehiculares, el cual nos ayudara a tener un mejor análisis del tránsito vehicular e impacto directo sobre el pavimento y su posterior desarrollo de análisis de datos en campo.

2.2.2. Locales:

Dávalos y Fernández (2021) en su tesis denominada “Diagnóstico del estado de conservación del pavimento flexible y propuesta del diseño de reforzamiento en tratamiento superficial para la Av. América Oeste, Trujillo, La Libertad” tuvo como objetivo identificar el estado en el que se encontraba la mantenimiento del tipo de pavimento flexible a través del uso de la viga Benkelman de brazo doble para proporcionar un diseño de reforzamiento en trato superficial y así llegar a conseguir una mayor optimización de la transito de vehículos para la ciudad de Trujillo específicamente en Av. América Oeste. Para llevar a cabo este estudio se han llevado a cabo un estudio minucioso de los 3800 metros lineales y así poder definir cómo se comporta la estructura del pavimento. Se consideró de la zona de estudio el estado actual, las diferentes situaciones problemáticas que perjudican la transitabilidad, los accidentes ocurridos y los defectos en la parcela asfáltica, es importante señalar que esta es un tramo muy transitado, ya que en la zona existe uno de los centros comerciales más colosales de la ciudad de Trujillo, por lo que diariamente transitan vehículos públicos y así mismo privados, así como vehículos de carga. Se midió la deflexión resultante sobre una superficie del tipo de pavimento flexible gracias a la acción de la carga de un vehículo y una viga Benkelman. Utilizando un camión tipo mono eje con un peso estándar de 8.2 toneladas soportado por los dos ejes traseros, se inflaron las llantas a una presión de 80 psi de acuerdo con las instrucciones del manual de prueba del MTC, esto nos permitió evaluar en varios puntos las líneas de influencia deformadas para comprender el estado actual del pavimento en estudio. Después de calcular la deformación vertical, se utilizó el método CONREVIAl para determinar la circunstancia de mantenimiento del tipo de pavimento flexible y se propuso el diseño del refuerzo del método superficial para realizar la mejora del tráfico. Esta investigación nos brinda un alcance de cómo realizar un diseño de reforzamiento mediante tratamientos superficiales haciendo uso del método CONREVIAl, lo más resaltable

de esta investigación es que lo realizo en una vía muy transitada, el cual aporta una muy buena solución a este tipo de vías que hoy en día se ven bastante deterioradas en la ciudad de Trujillo.

Escobedo y Herrera (2018) en su tesis denominada "Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento Panamericana Norte km 578 al km 583, utilizando la viga de Benkelman" tiene como objetivo principal estimar las deflexiones de la carretera Panamericana Norte desde el tramo Ovalo Huanchaco hasta el tramo El Milagro desde el km 578 al 583 utiliza la viga Benkelman para poder comprobar el estado de la superficie, así como la calzada. El diseño incluye las particularidades de la viga Benkelman: cuerpo soporte fijado directamente al suelo con tres ménsulas (dos delanteras fijas "A" y una trasera fija "B") cuerpo pegado al cuerpo El brazo móvil no se mueve, por medio de un giro o pivote "C" uno se apoya en el suelo (punto "D"), el otro se conecta sensiblemente a la varilla del extensómetro de movimiento vertical (punto "D"), y el otro aspecto muestra cómo utilizar o aplicar vigas Benkermann a los pavimentos. Este es un método no destructivo, lo que significa que realiza el ensayo sin dañar el pavimento, pero este tipo de ensayo no se realiza con mucha frecuencia en nuestro medio. Con la Viga Benkelman se realizaron 5 pruebas, una por cada kilómetro, donde se tomaron muestras cada 40 metros del tramo, de las cuales se pudo conocer el estado del tramo investigado, y de esta manera se pudo saber si era necesario reparar el mantenimiento de la carretera o realizar una reconstrucción completa. Este estudio nos dio el conocimiento para sacar el máximo provecho de las vigas de Benkelmann, el procesamiento de datos y las dos posibles soluciones al final de la prueba, ya sea un tratamiento superficial o una restauración completa, lo que contribuyó mucho a nuestro proyecto. nuestra investigación se caracteriza por dar solución a problemas cotidianos en la ciudad de Trujillo, como son las vías en mal estado

2.2. Marco Teórico

2.2.1 Estudio de tráfico:

Este procedimiento se ejecutará con la metodología del conteo vehicular de formar presencial por 24 horas, que durara de lunes a domingo es decir una semana, para obtener el ESAL (Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton).

Se empleará los parámetros y factores detallados en el manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014.

Para obtener una demanda vehicular actual, será necesario corregir el conteo en campo con un índice de variación mensual brindada por el ministerio de transportes, mediante la INEI o en peaje más cercano de la zona estudiada.

Asimismo, para poder determinar el ESAL de diseño, se determinarán una serie de factores debidamente justificados:

2.2.1.1. Factor direccional y factor carril:

Tabla 1

FACTORES DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL Y CARRIL

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|---|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada (para IMDa total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 1 sentido | 2 | 1 | 0.8 | 0.8 |
| | 1 sentido | 3 | 1 | 0.6 | 0.6 |
| | 1 sentido | 4 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| | 2 sentidos | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.5 | 0.8 | 0.4 |
| 2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas) | 2 sentidos | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.5 | 0.8 | 0.4 |
| | 2 sentidos | 3 | 0.5 | 0.6 | 0.3 |
| | 2 sentidos | 4 | 0.5 | 0.5 | 0.25 |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

2.2.1.2. Tasa de crecimiento y proyección:

Se determinará una proyección del tráfico mediante la tasa de crecimiento anual; de la población, en caso de vehículos de pasajeros y del PBI, en caso de vehículos de carga.

Para ello se aplicará la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$T_f = T_0 * (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_f = Tránsito final proyectado a una cantidad determinada de años

T_0 = Tránsito actual

n = Período de diseño en años

r = Aumento de tráfico en tasa anual

2.2.1.3. Factor de vehículo Pesado (Fvp):

El diseño se efectuará mediante el efecto del tránsito al pavimento, lo cual se medirá mediante EE. AASHTO lo define como el deterioro efectuado por el tránsito a través de un eje de ruedas con un peso de 8.2 toneladas, y una presión de 80lbs/plg². Por lo tanto, se determinará el factor camión según el tipo de vehículo aplicando la fórmula posterior a la tabla de pesos de ejes.

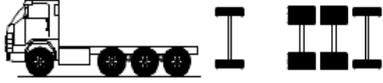
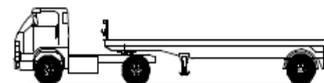
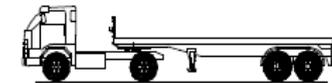
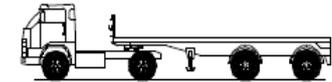
Tabla 2

FORMULAS SEGÚN LOS EJES DEL VEHICULO

| Tipo de Eje | Eje Equivalente IEE1.21onl |
|--|---------------------------------|
| Eje Simple de ruedas simples (EE_{s1}) | $EE_{s1} = [P / 6.6]^4$ |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE_{s2}) | $EE_{s2} = [P / 8.2]^4$ |
| Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1}) | $EE_{TA1} = [P / 14.8]^4$ |
| Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2}) | $EE_{TA2} = [P / 15.1]^4$ |
| Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1}) | $EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$ |
| Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2}) | $EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$ |

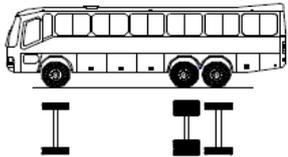
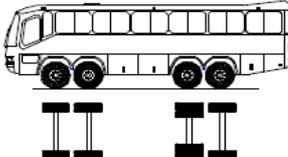
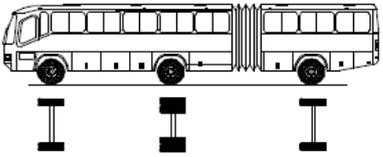
P = peso por eje en toneladas

Tabla 3*Pesos de vehículos*

| CONFIGURACION VEHICULAR | DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS | LONG. Max. (m) | Peso maximo (T) | | | | Peso bruto máx (T) |
|-------------------------|---|----------------|-----------------|------------------------------|----|----|--------------------|
| | | | Eje Delant . | Conjunto de ejes Posteriores | | | |
| | | | 1° | 2° | 3° | 4° | |
| C2 |  | 12.3 | 7 | 11 | - | - | 18 |
| C3 |  | 13.2 | 7 | 18 | - | - | 25 |
| C4 |  | 13.2 | 7 | 23 | - | - | 30 |
| 8x4 |  | 13.2 | 7+7 | 18 | - | - | 32 |
| T2S1 |  | 20.5 | 7 | 11 | 11 | - | 29 |
| T2S2 |  | 20.5 | 7 | 11 | 18 | - | 36 |
| T2Se3 |  | 20.5 | 7 | 11 | 11 | 11 | 40 |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

Tabla 4*Pesos de vehículos*

| CONFIGURACION VEHICULAR | DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS | LONG. Max. (m) | Peso maximo (T) | | | | Peso bruto máx (T) |
|-------------------------|--|----------------|-----------------|------------------------------|----|----|--------------------|
| | | | Eje Delant | Conjunto de ejes Posteriores | | | |
| | | | | 1° | 2° | 3° | |
| B3-1 |  | 14.0 | 7 | 16 | - | - | 23 |
| B4-1 |  | 15.0 | 7+7 | 16 | - | - | 30 |
| BA-1 |  | 18.3 | 7 | 11 | 7 | - | 25 |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

Tabla 5*Factor camión de vehículos livianos*

| Rango de Cargas por Eje (Toneladas) | Factor de Equivalencia por Eje (EE por Eje) |
|-------------------------------------|---|
| Eje Simple | |
| < 1.4 | 0.0002 |
| 1.4 - 3.2 | 0.005 |
| 3.2 - 3.6 | 0.032 |
| 3.6 - 5.4 | 0.087 |
| 5.4 - 7.3 | 0.36 |
| 7.3 - 13.6 | 5.389 |
| Eje Tandem | |
| < 2.7 | 0.01 |
| 2.7 - 5.4 | 0.01 |
| 5.4 - 8.2 | 0.044 |
| 8.2 - 10.9 | 0.148 |
| 10.9 - 11.8 | 0.426 |
| 13.6 - 14.5 | 0.753 |
| 14.5 - 14.8 | 0.885 |
| 14.8 - 15.4 | 1.002 |
| 15.4 - 16.3 | 1.23 |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

2.2.1.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE):

AASHTO lo define como el deterioro efectuado por el tránsito a través de un eje de ruedas con un peso de 8.2 toneladas, y una presión de 80lbs/plg², misma que tendrá un Factor de presión = 1, en caso sea una presión distinta se registrará al cuadro N°6.13 del manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014.

Conforme a los factores e IMD proyectado y corregido, podremos determinar los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño.

Ecuación 2

$$* EE_{\text{día-carril}} = IMD_f * Fd * Fc * Fvp * Fp$$

Posteriormente podremos aplicar el resultado en la siguiente ecuación, determinamos el factor de crecimiento acumulado (Fca) para vehículos de carga y pasajeros según la tasa de crecimiento respectiva, determinando con ello el ESAL.

Ecuación 3

$$* \text{Nrep de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

Ecuación 4

$$* Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

F_{ca}= Factor de crecimiento acumulado

r= tasa de crecimiento (población o PBI)

n= Número de años proyectados

2.2.2 Tipo de tráfico en base al ESAL de diseño:

Tabla 6

TIPO DE TRAFICO EXPRESADO EE

| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | Tp0 | Tp1 | Tp2 | Tp3 |
|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Rangos de tráfico pesado expresado en EE | >75.000 EE ≤ 150.000 EE | > 150.000 EE ≤ 300.000 EE | > 300.000 EE ≤ 300.000 EE | > 500.000 EE ≤ 750.000 EE |
| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | Tp4 | Tp5 | Tp6 | Tp7 |
| Rangos de tráfico pesado expresado en EE | > 750.000 EE ≤ 1'000.000 EE | > 1'000.000 EE ≤ 1'500.000 EE | > 1'500.000 EE ≤ 3'000.000 EE | > 3'000.000 EE ≤ 5'000.000 EE |
| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | Tp8 | Tp9 | Tp10 | Tp11 |
| Rangos de tráfico pesado expresado en EE | > 5'000.000 EE ≤ 7'500.000 EE | > 7'500.000 EE ≤ 10'000.000 EE | > 10'000.000 EE ≤ 12'500.000 EE | > 12'500.000 EE ≤ 15'000.000 EE |
| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | Tp12 | Tp13 | Tp14 | Tp15 |
| Rangos de tráfico pesado expresado en EE | > 15'000.000 EE ≤ 20'000.000 EE | > 20'000.000 EE ≤ 25'000.000 EE | > 25'000.000 EE ≤ 30'000.000 EE | > 30'000.000 EE |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

2.2.3 Metodología del PCI:

Este enfoque consiste en identificar los defectos que siempre se encuentran en el pavimento, en este caso la inspección se realiza por etapas. Luego se deben clasificar por el tipo que representan y el grado de daño que este causan, así como determinar el valor y alcance de dicha cobertura.

Tabla 7

TIPOS DE FALLA Y NIVEL DE SEVERIDAD

| ITEM | TIPO DE FALLA | UND | LOW | MEDIUM | HIGH | |
|------|--|-----|----------------|---|---|---|
| 1 | Piel de cocodrilo | PC | m ² | Grietas muy finas longitudinales y capilares | Grietas descascaradas (interconectadas) | Red de grietas que están bien definidas y descascarados |
| 2 | Agrietamiento en bloque | AB | m ² | Grietas de severidad baja | Grietas de severidad media | Grietas de severidad alta |
| 3 | Abultamiento y Hundimientos | AH | ml | Casi imperceptible deflexión en pavimento | Deflexión en pavimento perceptible | Notoria deflexión en pavimento |
| 4 | Corrugación | C | m ² | Casi imperceptible de cimas o depresiones en pavimento | Cimas o depresiones en pavimento perceptible | Cimas o depresiones notorias en pavimento |
| 5 | Grieta de borde | GB | ml | Agrietamiento sin fragmentos o desprendimientos | Grietas con algo de fragmentos o desprendimientos | Grietas con fragmentos o desprendimientos considerables |
| 6 | Depresión | D | m ² | H = 13 - 25 mm | H > 25 - 51 mm | H > 51 mm |
| 7 | Grietas longitudinales y transversales | GLT | ml | Grieta sin relleno a=10 mm Grieta con relleno adecuado de cualquier ancho | Grieta sin relleno a=10 - 76 mm sin grietas o a<76 mm con grietas aleatorias pequeñas | Grieta rellena, rodeada de grietas aleatorias con severidad media o alta. Grieta sin relleno a>76 mm . |
| 8 | Parcheo | P | m ² | Parche en buenas condiciones | Parche en moderadas condiciones | Parche en malas condiciones |
| 9 | Baches | B | und | Dm=457 a 762 mm ; H > 25.4 a 50.8 mm Dm=457 a 762 mm ; H > 50.8 mm | Dm=102 a 203 mm ; H > 50.8 mm Dm=203 a 457 mm ; H > 25.4 mm Dm=457 a 762 mm ; H = 12.7 a 25.4 mm | Dm=102 a 203 mm ; H = 12.7 a 25.4 mm Dm=203 a 457 mm ; H = 12.7 a 25.4 mm Dm=102 a 203 mm > 25.4 a 50.8 mm |
| 10 | Ahuellamiento | A | m ² | H = 6 - 13 mm | H > 13 - 25 mm | H > 25 mm |
| 11 | Desprendimiento de agregados | DA | m ² | Reciente desprendimiento | Superficie rugosa e hundimientos | Superficie muy rugosa y severamente ahuecada |
| 12 | Hinchamiento | H | m ² | Casi imperceptible deflexión en pavimento | Deflexión en pavimento perceptible | Notoria deflexión en pavimento |

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3.1 Proceso para evaluar el estado actual del Pavimento:

Recojo de información en campo, de acuerdo a la clasificación mencionada anteriormente y dividida en tramos de $225 \pm 90 \text{m}^2$ conforme la manual, en formatos proporcionados por el manual PCI.

- Determinar el número de unidades de muestreo que se evaluarán, para lo cual se aplicará la siguiente ecuación, la cual produce una estimación del PCI ± 5 (confiabilidad de 95%).

Ecuación 5

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

n= Número mínimo de muestras

N= Numero de muestras existentes en el pavimento

e= Error admisible de la estimación del PCI (e=5%)

σ = Desviación estándar ($\sigma=10$ al ser pav. Asfáltico)

Nota: si $n < 5$ se tendrá q evaluar todas las muestras

- Seleccionar al azar la muestra en campo luego regirse al siguiente intervalo para evaluar las evaluaciones posteriores, en caso requieran una información más exacta, evaluar todas.

Ecuación 6

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

n= Número mínimo de muestras

N= Número de muestras existentes en el pavimento

i= Intervalo de muestreo a seleccionar, redondear al inferior

- Evitar seleccionar únicamente las muestras en muy mal estado, regirse al intervalo encontrado de forma aleatoria, para evitar un PCI alterado.

- Clasificar las fallas identificadas, conforme a la severidad presentada, obteniendo una distribución en porcentaje en cada muestra y determinar el valor deducido de cada porcentaje en base a los ábacos presentados en anexos, descartar los valores menores a 2 ($DV \geq 2$).

- Con los valores anteriores, se determinará el valor deducido corregido máximo (CVD), el cual lo obtendremos con el número máximo de valores deducidos (m_i), empleando la siguiente ecuación:

Ecuación 7

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

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

m_i = Número máximo de valores deducidos

Nota:La cantidad de valores de cada muestra se reduce a "m", en caso existan menos, se pondrán todos.

- Colocar en una tabla los valores deducidos mayores que 2, reduciendo al valor mínimo (2) en cada iteración hasta quedar solo 1 valor deducido, para poder conseguir el máximo valor deducido corregido (Max.VDC) en base al Abaco de VDT vs número de valores deducidos (q), presente en anexos

- Finalmente encontraremos el índice de condición del pavimento empleando el valor de Max.VDC.

Ecuación 8

$$PCI = 100 - Max.VDC$$

Max.VCD= El máximo valor deducido corregido

PCI= Índice de condición del pavimento

Tabla 8

CLASIFICACION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO

| RANGO | CLASIFICACIÓN |
|----------|---------------|
| 100 - 86 | EXCELENTE |
| 85 - 71 | MUY BUENO |
| 70 - 56 | BUENO |
| 55 - 41 | REGULAR |
| 40 - 26 | MALO |
| 25 - 11 | MUY MALO |
| 10 - 0 | FALLADO |

Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

2.2.4 Metodología de Evaluación estructural por deflectometría:

Se realiza InSitu, sirve principalmente para evaluar la estructura de un pavimento flexible mediante deflexiones con la ayuda de un vehículo pesado y su posterior análisis de datos obtenidos darán a conocer el estado actual en el que se encuentra la vía.

Según Mendez & Amasifuen (2020) nos dice que probablemente el dispositivo de medición de la deformación del pavimento más popular y económico es la Viga de Benkelman, ésta mide el rebote de un pavimento de asfalto de la deformación estática bajo carga, actúa conforme el origen de palanca, la viga gira en un punto central de este modo cualquier movimiento en un límite de la viga en comunicación con la carretera por ende va a originar un movimiento equitativo en el otro extremo, que se registra.

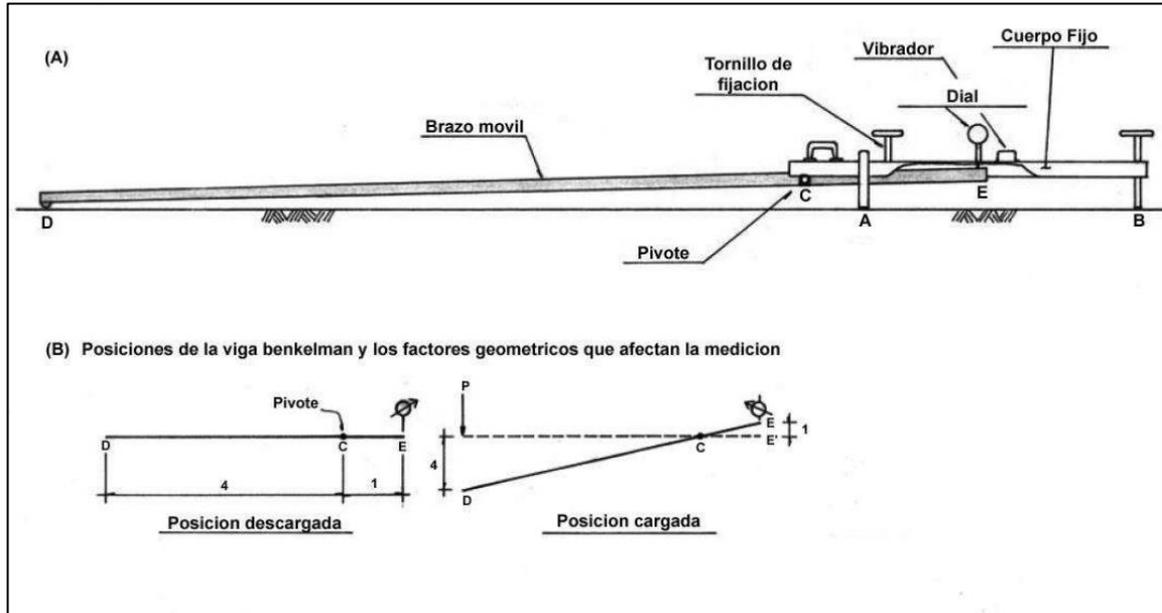
2.2.4.1. Equipo para el ensayo de medición de deflexiones (viga Benkelman):

Conforme a el manual de ensayo de materiales, se deberá utilizar una **viga Benkelman** de dos brazos con su correspondiente escala de registro (0,01 mm y 12 mm de recorrido) y las dimensiones básicas siguientes:

- El **primer brazo** de la viga consta de una longitud de 2.44m, entre el punto de prueba(D_0) hasta el pivote(C).
- Este mismo tiene una longitud de 0.61m, entre el pivote (C) hasta su punto de apoyo de la varilla del dial de registro(E).
- El **segundo brazo** de la viga consta de una longitud de 2.19m, entre el pivote(C) hasta el punto de prueba(D_{25}).
- La longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote(C) hasta el punto de apoyo de su varilla de registro(E') = 0,5475 m.

Ilustración 1

VIGA DE BENKELMAN



Fuente: Manual de ensayo de materiales 2016

Se debe utilizar un **camión**, el eje trasero debe tener un peso equilibrado de 8.2 toneladas, repartidos equitativamente entre sus dos ruedas. Está conformado con llantas de goma con cámaras neumáticas. Los neumáticos deben ser de 10" x 20", 12 capas e inflados a 5,6 kg/cm² (80 psi). La distancia entre los puntos medios de la banda de rodadura de los dos neumáticos de cada tándem debe ser de 32 cm.

Por último, se requiere de un medidor de presión de inflado, para verificar la presión de las llantas, un termómetro de 0 a 100°C con divisiones cada grado, un barreno para ejecutar orificios en el pavimento de 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro en el cual tomaremos la temperatura, un cronometro, una Wincha de acero de 2 m y otra de 25 m, un vibrador, tizas, aceite.

2.2.4.2. Procedimiento para la obtención del Radio de curvatura (R_c) y la deflexión característica (D_c):

a) Calibración del volquete:

- ✓ El eje trasero de un volquete tarado (8.2 toneladas)
- ✓ Entre centro de huellas de carga tiene una distancia de: $D=32\text{cm}$.
- ✓ Los neumáticos tendrán una inflación de eje de carga de 80 psi.
- ✓ Cada rueda su peso es de peso de eje trasero entre 4.

b) Pavimento: Los puntos del pavimento a ensayar deben estar convenientemente señalizados con una línea transversal a la calzada. El punto de prueba estará situado sobre dicha línea a una longitud predeterminada del extremo. Es recomendable hacer uso de las distancias establecidas en el manual de ensayo de materiales.

Tabla 9

CARRIL PAVIMENTO

| Ancho de Carril | Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento |
|-----------------|--|
| 2.70 m | 0.45 m |
| 3.00 m | 0.60 m |
| 3.30 m | 0.75 m |
| 3.60 m o más | 0.90 m |

Fuente: Manual de ensayo de materiales 2016

Nota: cuadro elaborado con los resultados obtenidos después de los cálculos antes ya mencionados.

c) Pautas en campo conforme a MTC E 1002:

- ✓ El camión se deberá desplazar ligeramente de forma que el punto quede entre ambas llantas de la rueda.
- ✓ La viga se coloca en la carretera detrás del camión, perpendicular al eje posterior, de modo que los cables de prueba del primer brazo coincidan con los puntos de prueba y no roce con los neumáticos.
- ✓ Libere el bloqueo del brazo y ajuste la parte inferior de la viga con el tornillo trasero para que ambos brazos de medición hagan contacto con el dial.

✓ Se ajustan a la esfera para que sus vástagos tengan un recorrido libre de 4 a 6mm. Gire la bola del dial hasta que el puntero esté en cero, luego toque ligeramente con un lápiz para verificar la lectura. Gire la esfera si es necesario y repita hasta obtener una posición 0 (cero).

d) Factores que intervienen:

- ✓ **Factor por temperatura:** conforme al manual de ensayos de materiales, el **límite inferior** es de **5 °C** y **límite superior** será de **35 °C** caso contrario, no se deberá realizar el ensayo.

Ecuación 9

$$F_t = \frac{1}{((0.0008 * (T^\circ - 20^\circ) * H) + 1)}$$

Donde:

Ft = Factor de corrección por temperatura

T° = Temperatura

H = Espesor de la carpeta asfáltica

- ✓ **Factor corrección por estación (Fe):**

Tabla 10

FACTOR DE CORRECCION SEGÚN LA ESTACION

| TIPO DE SUELO DE LA SUBRASANTE | ESTACIÓN LLUVIOSA | ESTACIÓN SECA |
|---|------------------------------|--------------------------|
|---|------------------------------|--------------------------|

| | | |
|-------------------|---|---------|
| Arenoso-Permeable | 1 | 1.1-1.3 |
|-------------------|---|---------|

| | | |
|----------------------------|---|---------|
| Arcilloso-Sensible al agua | 1 | 1.2-1.4 |
|----------------------------|---|---------|

Fuente: Reyes Lizcano, 2003

e) **Variables que influyen en la deflexión característica:**

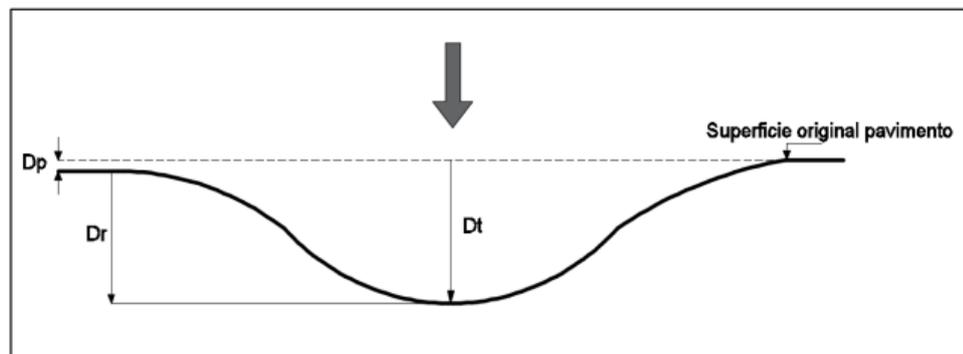
✓ **Deformación Total (DT):** se refiere a la deformación vertical bajo la acción de una carga vehicular.

✓ **Deflexión Recuperable (DR):** también conocida como deflexión elástica, hace referencia a la recuperación elástica del pavimento al momento de retirar la carga vehicular.

✓ **Deflexión permanente (DP):** también conocida como deflexión residual, se refiere a lo opuesto entre la posición original del pavimento antes de aplicar la carga vehicular y después de quitar la misma.

Ilustración 2

TIPO DE DEFLEXIONES



Fuente: Reyes Lizcano (2003)

✓ **Cálculo de las deflexiones:**

Ecuación 10

$$D_n = 4 \times (L_f - L_n) \times F_e \times F_t \text{ (expresada en 0,01 mm)}$$

Donde:

D_n = Deflexión en un punto "n"

L_f = Lectura final registrada en el dial del primer brazo de prueba (Deflexión=0)

L_n = Lectura en un punto "n" registrada

F_e = Factor de corrección por estación

F_t = Factor de corrección por temperatura

✓ La fórmula para calcular la **deflexión (Do) y (D25):**

Ecuación 11

$$D_0 = 4 \times L_0 \times F_e \times F_t \text{ (expresada en 0,01 mm)}$$

Donde:

L_0 = lectura registrada en el dial del primer brazo de prueba.

Ecuación 12

$$D_{25} = 4 \times L_{25} \cdot F_e \cdot F_t \text{ (expresada en 0.01 mm).}$$

Donde:

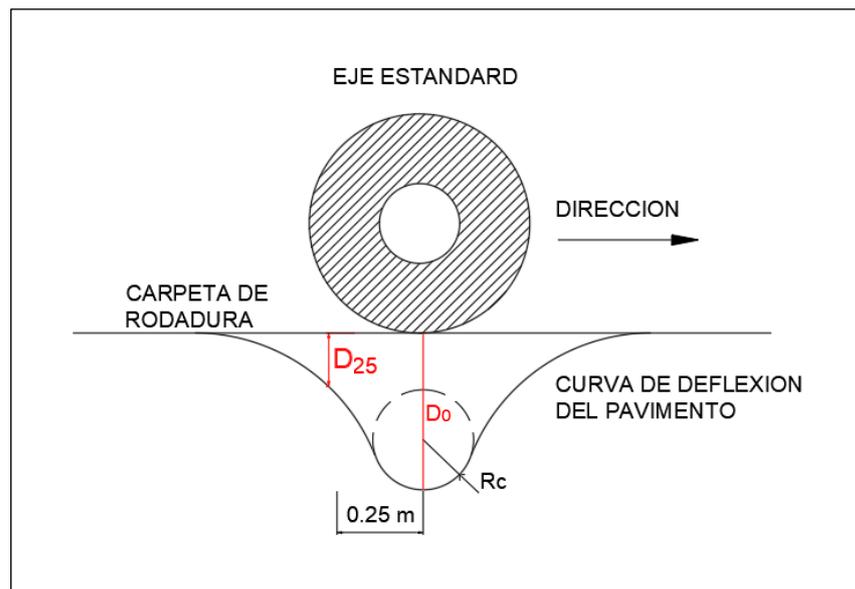
L_{25} = lectura registrada en el dial a 25cm.

Nota: El cálculo de D_0 y D_{25} toma 4 porque la relación de longitud del brazo de la viga utilizada es 4. Si se utilizan vigas con diferentes relaciones, se aplicarán los coeficientes correspondientes.

✓ El **radio de curvatura** del punto de prueba se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 13

$$RC = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})}; \text{ expresado en mm}$$

Ilustración 3**DETERMINACIÓN DEL PAVIMENTO Y RADIO DE CURVATURA**

Fuente: Cubas de la Torre (2017)

✓ **Confiabilidad** (%), se encuentra respecto al tipo de carretera conforme a la siguiente tabla:

Tabla 11

CONFIABILIDAD EMPLEADA EN EL CALCULO DE D_c SEGÚN TIPO DE CARRETERA

| TIPO DE CARRETERA | Deflexión Característica D_c | Observación |
|---|-----------------------------------|---|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | $D_c = D_m + 1.645 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | $D_c = D_m + 1.645 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles | $D_c = D_m + 1.645 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 veh/día, de una calzada de dos carriles. | $D_c = D_m + 1.282 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles. | $D_c = D_m + 1.282 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada | $D_c = D_m + 1.036 * d_s$ | Deflexión característica, para una Confiabilidad de 85% |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014

✓ **La deflexión característica (Dc):** representa a un valor estadístico, superior a la deflexión máxima, debido a que considera el promedio de las deflexiones máximas (\bar{D}), la desviación estándar (σ), coeficiente de variación (CV) y la cantidad de muestras (n).

Ecuación 14

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n}$$

Ecuación 15

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Di - \bar{D})^2}{(n - 1)}}$$

Ecuación 16

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$$

Ecuación 17

$$Dc = Dm + t * \sigma$$

Donde:

Dc: Deflexión característica (mm)

t: Coeficiente que representa al % de confiabilidad.

2.2.4.3. Diseño de reforzamiento en pavimento flexible:

El sistema de reforzamiento de un pavimento flexible tiene como objetivo principal alargar el tiempo de vida de una vía y su posterior beneficio de los vehículos y transeúntes. Dicho diseño de reforzamiento no necesariamente se debe realizar cuando la vía está en un estado crítico, todo lo contrario, debe ser evaluada en su buen estado; más aún cuando la vía se ve expuesta a un aumento de cargas vehiculares. Por ello es de suma importancia realizar un análisis y evaluar la posibilidad de emplear un refuerzo al pavimento flexible; de ser así se debe elegir el reforzamiento más adecuado dependiendo del caso que presente la vía en estudio.

✓ **La deflexión admisible (Dadm):** representa a la deflexión límite para clasificar un pavimento en buen estado.

Ecuación 18

$$Dadm = (1.15/N)^{0.25}$$

Donde:

Dadm: Deflexión Admisible (mm)

N: N° repeticiones de ejes que equivalen a 8.2 ton en millones.

✓ **La deflexión crítica (Dcr):** representa a la deflexión límite, cuando el periodo diseñado halla culminado.

Ecuación 19

$$Dcr = (1.90/N)^{1/5.3}$$

Donde:

Dcr: Deflexión crítica (mm)

N: N° repeticiones de ejes que equivalen a 8.2 ton. en millones

✓ Interpretación del estado situacional del pavimento:

El manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, nos presenta los siguientes casos (anexo 51):

Caso 1: Si la Dc resulta superior y no hay fallas de origen estructural, entonces el pavimento requiere de un refuerzo estructural lo antes posible, caso contrario no podrá resistir el tráfico previsto.

Caso 2: Si la Dc resulta superior, hay fallas de origen estructural pero el Rc es alto, entonces estaremos en un paso más avanzado al caso anterior por no tomar las medidas con tiempo, seguiremos con la misma solución.

Caso 3: Si la Dc resulta superior, inferior o igual, hay fallas de origen estructural, y el Rc es bajo (≤ 80 m), se interpreta como una capa débil inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica, por lo tanto, el ingeniero proyectista, definirá su análisis estructural en base a calicatas y ensayos de laboratorio.

Caso 4: Si la Dc resulta inferior o igual, hay fallas permanentes (depresiones, ahuellamientos marcados > 12 mm, entre otras), por lo general sucede en pavimentos reforzados con una carpeta asfáltica suficiente para evitar las fallas por fatiga, mas no compensar la duración de la fundación original. Se realizará el mismo procedimiento del caso 3.

Tabla 12

CATALOGO DE ESPESOR DE REFUERZO DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

| DC (1/100mm) | Tp0 | Tp1 | Tp2 | Tp3 | Tp4 | Tp5 | Tp6 | Tp7 |
|-----------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| ≤ 20 | RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS | | | | | | | |
| 20 - 40 | | | | | | | | |
| 40 - 60 | | | | | | | | |
| 60 - 80 | | | | | | | | |
| 80 - 100 | | | | | | Micropavimento e=25mm | Micropavimento e=25mm | |
| 100 - 120 | | | | Micropavimento e=25mm | Micropavimento e=25mm | 4cm ■ | 7cm ■ | 9cm ■ |
| 120 - 140 | | Micropavimento e=25mm | Micropavimento e=25mm | 4cm ■ | 5cm ■ | 6cm ■ | 9cm ■ | 12cm ■ |
| 140 - 160 | | Micropavimento e=25mm | 4cm ■ | 5cm ■ | 6cm ■ | 8cm ■ | 11cm ■ | 14cm ■ |
| 160 - 180 | Micropavimento e=25mm | 4cm ■ | 5cm ■ | 7cm ■ | 8cm ■ | 10cm ■ | 13cm ■ | 15cm ■ |
| 180 - 200 | Micropavimento e=25mm | 5cm ■ | 7cm ■ | 8cm ■ | 9cm ■ | 11cm ■ | 14cm ■ | ESTUDIO ESPECIAL |

Fuente: Elaborado por Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014 en base a CONREVIAl

Tabla 13

CATALOGO DE ESPESOR DE REFUERZO DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

| DC (1/100mm) | Tp8 | Tp9 | Tp10 | Tp11 | Tp12 | Tp13 | Tp14 |
|-----------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|------|------|
| ≤ 20 | RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS | | | | | | |
| 20 - 40 | RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS | | | | | | |
| 40 - 60 | | Micropavimento e=25mm | Micropavimento e=25mm | Micropavimento e=25mm | 4cm | 5cm | 6cm |
| 60 - 80 | 5cm | 6cm | 7cm | 8cm | 10cm | 11cm | 12cm |
| 80 - 100 | 8cm | 10cm | 11cm | 12cm | 14cm | 15cm | |
| 100 - 120 | 11cm | 13cm | 14cm | 15cm | | | |
| 120 - 140 | 14cm | 15cm | | | | | |
| 140 - 160 | ESTUDIO ESPECIAL | | | | | | |
| 160 - 180 | ESTUDIO ESPECIAL | | | | | | |
| 180 - 200 | ESTUDIO ESPECIAL | | | | | | |

Fuente: Elaborado por Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014 en base a CONREVIAl

2.3. Marco conceptual

a) Viga de Benkelman: Es un instrumento que nos permite conocer con exactitud las deflexiones, el estado y propiedades. Este hecho principalmente de aluminio y actúa con el principio de palanca simple; por lo que es de gran ayuda en el diseño, construcción y conservación de pavimentos.

b) Índice de Condición del Pavimento (PCI): El Índice de Condición del Pavimento, o PCI, es el método más completo de evaluación y calificación de carreteras en un modelo de gestión vial disponible actualmente (González et'al., 2019).

c) Deflexiones: Es una medida elástica, en donde intervienen esfuerzos plásticos, la deflexión es la repuesta a las cargas impuestas por los vehículos, que generan una deformación vertical y tiene cierta relación con la profundidad de la misma.

d) Tratamientos Superficiales Bicapa: Es una capa de poco espesor recomendada para un ESAL $\leq 500,000$ E. Este no está permitido en vías con 8% de pendiente o mayor; así mismo en curva o curvas o tramos que requieran frenar el vehículo en distintas ocasiones.

e) Micropavimento 25mm: Es una capa superficial enfocada a un ESAL $\leq 1\ 000,000$ EE

f) Lechada asfáltica (Slurry seal) de 12mm: Es una capa superficial enfocada a un ESAL $\leq 500,000$ EE. . Este no está permitido en vías con 8% de pendiente o mayor o tramos que requieran frenar el vehículo en distintas ocasiones.

g) Eje Equivalente: Son una equivalencia de un factor destructivo, efecto de la carga de cada vehículo pesado que transite por la carpeta de rodadura.

h) Desviación Estándar combinada: Es la variación de los datos obtenidos mediante la predicción del tráfico vehicular, así como una serie de factores que influyen en el comportamiento del pavimento

i) Coeficiente estadístico de desviación Estándar Normal: Este coeficiente varía según la confiabilidad de los datos, entre 65% y 80% son vías con bajo volumen y 80% a 95% en vías de mayor rango.

j) AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

k) Carril: Fila destinada a la circulación de vehículos en una misma dirección y sentido. Parte de la calzada.

l) Berma: Espacio determinado para estacionar los vehículos o parqueo en caso de emergencia, este es paralelo a la vía en ambos o un solo extremo según el proyecto.

m) Calzada: Parte de la vía, en esta los vehículos se pueden trasladar en 1 o ambos sentidos, según las señalizaciones.

2.4. Hipótesis

La determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga Benkelman nos brindara el mejor diseño de reforzamiento superficial en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo - La Libertad.

Variables e indicadores

Tabla 14

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores de medición | Instrumento |
|-----------------------------------|---|--|-----------------------|---|---|
| Método de Viga de Benkelman | Es un ensayo no destructivo que permite analizar el desempeño o la capacidad de un pavimento mediante una medida de la respuesta real del pavimento a la carga aplicada, sin someter los materiales a los cambios físicos derivados de la toma de muestras. | Se medirá a través de la viga de Benkelman | Deflectometría | Deflexión Característica <hr/> Radio de curvatura | Ficha de recolección de datos Viga de Benkelman |
| Diseño de reforzamiento | Es un mecanismo de rehabilitación desarrollado y elaborado para extender la vida útil de un pavimento. Su empleo es necesario ante fallas que ocurren cuando la condición del pavimento desciende por debajo de los criterios de rendimiento por efecto combinado de las cargas dinámicas y las cargas ambientales. | Se medirá a través de una serie de instrumentos. La d1 (Tipo de intervención) a través del método PCI, d2 (Viga de Benkelman) a partir de la viga Y el d3 a través de la Ficha de MTC. | Estudio de trafico | Conteo vehicular <hr/> IMDA <hr/> ESAL | Ficha del MTC <hr/> Manual de suelos y pavimentos 2014 <hr/> Manual de suelos y pavimentos 2014 |
| | | | Tipo de intervención | Índice de condición del pavimento (PCI) | Método PCI |
| | | | Metodología CONREVIAL | Deflexión <hr/> Espesor | Viga de Benkelman <hr/> Abaco |

Fuente: Elaboración Propia

III METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 *De acuerdo a la orientación:*

Metodología Aplicada

3.1.2. *De acuerdo a la técnica de contrastación:*

Método Descriptivo

3.1.3. *Línea de investigación:*

Ingeniería de transportes

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1 *Población*

Todas las vías de pavimento flexible existentes en Trujillo – La Libertad.

3.2.2 *Muestra*

La vía en estudio tiene una extensión de 8.66 kilómetros iniciando en la intersección de Jesús de Nazareth con la Av. Juan Pablo II hasta Jesús de Nazareth con Mansiche y así mismo el tramo de Av. Mansiche hasta el ingreso a Chanchan.

3.3. Diseño de Contrastación

Es un diseño de tipo descriptivo por lo cual la variable de la investigación será sometida a una serie de pruebas de ensayo y error considerando los lineamientos de las normas NTP y ACI para con ello analizar todos los resultados obtenidos en base a la medición expresado en números y al mismo tiempo indicar si la hipótesis planteada es válida en su totalidad.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 15

RESUMEN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| Técnica | Instrumento de recolección de datos |
|-----------------------------------|--|
| Deflectometría | Viga de Benkelman |
| Índice de Condición del Pavimento | PCI |
| Conteo Vehicular | Fichas de Datos en Excel |
| IMDA | Fichas de Datos en Excel |
| Refuerzo Estructural | Tratamientos Superficiales |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Volumen vehicular

a) Conteo en campo: Se determinó en conteo vehicular por 24 horas, por una semana. Se resume el conteo del tránsito con respecto a los días y su tipo vehicular.

Tabla 16

CONTEO DE VEHICULOS DIA LUNES

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--|------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA | | DE | | CONTEO: | | 06/ | | 02/ | | 23 | |
| Avenida Jesús de Nazaret | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 2E | | Bus 3E | | Camión 2E | | | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 665 | 623 | 27 | 25 | 43 | 46 | 5 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 562 | 526 | 22 | 21 | 37 | 43 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 469 | 439 | 19 | 18 | 30 | 31 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 10:00 am - 11:00 am | 472 | 442 | 19 | 18 | 31 | 25 | 4 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 11:00 am - 12:00 am | 571 | 534 | 23 | 22 | 37 | 39 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 750 | 702 | 30 | 28 | 44 | 49 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 203 | 190 | 8 | 8 | 13 | 18 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 107 | 101 | 4 | 5 | 8 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 98 | 92 | 4 | 5 | 9 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 249 | 233 | 10 | 9 | 13 | 16 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 386 | 362 | 15 | 15 | 31 | 25 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 593 | 555 | 24 | 22 | 43 | 39 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 694 | 650 | 28 | 26 | 44 | 50 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 660 | 618 | 26 | 25 | 45 | 40 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 667 | 625 | 27 | 25 | 48 | 43 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 486 | 455 | 19 | 18 | 32 | 37 | 4 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 400 | 374 | 16 | 15 | 26 | 23 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 88 | 82 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 78 | 73 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 50 | 47 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | 23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 299 | 280 | 12 | 11 | 24 | 20 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 623 | 583 | 25 | 24 | 41 | 44 | 5 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| SUB TOTAL | 9222 | 8634 | 369 | 350 | 599 | 601 | 71 | 69 | 10 | 7 | 9 | 8 | 20 | 25 | |
| TOTAL | 17856 | | 719 | | 1200 | | 140 | | 17 | | 17 | | 45 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

CONTEO DE VEHICULOS DIA MARTES

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------|--|-----------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TRAMO DE CARRETERA: | | | AFORADOR | | | | | | | FECHA DE CONTEO: | | 07/ | 02/ | 23 |
| Avenida Jesús de Nazaret | | | Carril Izquierdo: | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | PC1 | | Carril Derecho: | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | |
| | Automóvil | | Station Wagon Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 684 | 696 | 25 | 26 | 47 | 50 | 6 | 6 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 579 | 589 | 21 | 22 | 40 | 45 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 483 | 491 | 18 | 19 | 33 | 33 | 4 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 486 | 495 | 18 | 19 | 33 | 27 | 4 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 587 | 597 | 22 | 23 | 40 | 42 | 5 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 772 | 786 | 28 | 30 | 48 | 53 | 6 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 209 | 212 | 8 | 8 | 14 | 19 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 111 | 113 | 4 | 5 | 9 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 101 | 103 | 4 | 5 | 10 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 258 | 261 | 9 | 10 | 15 | 17 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 398 | 405 | 15 | 15 | 33 | 27 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 610 | 621 | 22 | 24 | 47 | 42 | 5 | 4 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 714 | 727 | 26 | 28 | 48 | 54 | 5 | 4 | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 679 | 691 | 26 | 26 | 49 | 43 | 5 | 3 | 0 | 0 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 687 | 699 | 25 | 26 | 52 | 47 | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 | 3 | 1 | 0 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 500 | 507 | 18 | 19 | 34 | 40 | 4 | 3 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 412 | 419 | 15 | 16 | 28 | 25 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 90 | 92 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 80 | 82 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 52 | 53 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | 28 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | 26 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 308 | 313 | 11 | 9 | 26 | 21 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 641 | 652 | 24 | 25 | 45 | 47 | 5 | 5 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| SUB TOTAL | 9493 | 9658 | 349 | 366 | 651 | 647 | 73 | 57 | 6 | 6 | 39 | 41 | 7 | 6 |
| TOTAL | 19151 | | | 715 | | 1298 | | 130 | | 12 | | 80 | | 13 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

CONTEO DE VEHICULOS DIA MIERCOLES

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA | | DE | | 08/ | | 02/ | | 23 | | CONTEO: | |
| Avenida Jesús de Nazaret | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 635 | 652 | 23 | 22 | 44 | 48 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 08:00 am - 09:00 am | 537 | 552 | 19 | 18 | 38 | 44 | 6 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 448 | 460 | 16 | 15 | 31 | 31 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 10:00 am - 11:00 am | 451 | 464 | 16 | 15 | 32 | 26 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 11:00 am - 12:00 am | 545 | 560 | 20 | 19 | 38 | 40 | 6 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 716 | 736 | 26 | 24 | 45 | 50 | 8 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 194 | 199 | 7 | 7 | 14 | 16 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 103 | 105 | 4 | 5 | 8 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 93 | 96 | 3 | 5 | 10 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 237 | 245 | 9 | 8 | 14 | 17 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 369 | 379 | 13 | 13 | 32 | 26 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 566 | 581 | 20 | 19 | 45 | 40 | 6 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 663 | 681 | 24 | 23 | 45 | 52 | 7 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 630 | 647 | 24 | 22 | 46 | 41 | 7 | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 637 | 655 | 23 | 22 | 48 | 45 | 7 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 464 | 478 | 17 | 16 | 32 | 39 | 5 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 382 | 392 | 14 | 13 | 27 | 24 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 84 | 86 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 01:00 am - 02:00 am | 74 | 77 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 02:00 am - 03:00 am | 48 | 49 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03:00 am - 04:00 am | 25 | 26 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04:00 am - 05:00 am | 24 | 24 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 05:00 am - 06:00 am | 286 | 294 | 10 | 6 | 24 | 20 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 595 | 611 | 20 | 19 | 43 | 45 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| SUB TOTAL | 8806 | 9049 | 318 | 301 | 616 | 618 | 93 | 77 | 10 | 10 | 20 | 20 | 8 | 8 | |
| TOTAL | 17855 | | 619 | | 1234 | | 170 | | 20 | | 40 | | 16 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19**CONTEO DE VEHICULOS DIA JUEVES**

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|------------|-----------------------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA | | DE | | 09/ | | 02/ | | 23 | | CONTEO: | |
| Avenida Mansiche | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC2 | | Carril Derecho: | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 672 | 687 | 26 | 26 | 46 | 46 | 7 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 568 | 581 | 22 | 22 | 39 | 42 | 5 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 474 | 485 | 18 | 18 | 32 | 30 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 478 | 488 | 19 | 18 | 33 | 25 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 577 | 590 | 22 | 22 | 39 | 39 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 759 | 776 | 30 | 29 | 50 | 48 | 6 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 205 | 210 | 8 | 8 | 14 | 15 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 109 | 111 | 4 | 5 | 8 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 99 | 101 | 4 | 5 | 10 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 253 | 258 | 10 | 10 | 12 | 16 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 391 | 400 | 15 | 15 | 32 | 25 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 599 | 613 | 23 | 23 | 46 | 40 | 5 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 702 | 718 | 27 | 28 | 47 | 50 | 6 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 667 | 682 | 28 | 25 | 48 | 40 | 6 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 675 | 690 | 26 | 26 | 50 | 43 | 6 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 491 | 502 | 19 | 20 | 34 | 37 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 404 | 413 | 16 | 15 | 28 | 23 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 89 | 91 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 79 | 81 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 51 | 52 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | 27 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 303 | 310 | 12 | 8 | 25 | 19 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 630 | 644 | 24 | 23 | 44 | 43 | 5 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| SUB TOTAL | 9327 | 9535 | 363 | 356 | 637 | 596 | 78 | 62 | 10 | 8 | 23 | 27 | 8 | 6 | 6 |
| TOTAL | 18862 | | | 719 | | 1233 | | 140 | | 18 | | 50 | | 14 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

CONTEO DE VEHICULOS DIA VIERNES

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--|------------|-------------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA | | DE | | 10/ | | 02/ | | 23 | | |
| Avenida Mansiche | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | CONTEO: | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | | Carril Derecho: | | | | | | | | | | | | |
| PC2 | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | |
| 07:00 am - 08:00 am | 657 | 633 | 24 | 27 | 47 | 49 | 5 | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 556 | 535 | 20 | 23 | 39 | 45 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 464 | 446 | 17 | 19 | 33 | 32 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 467 | 449 | 17 | 19 | 33 | 26 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 564 | 543 | 20 | 23 | 40 | 41 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 742 | 714 | 27 | 30 | 50 | 51 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 201 | 193 | 7 | 8 | 14 | 16 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 106 | 102 | 4 | 5 | 9 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 97 | 93 | 3 | 5 | 10 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 247 | 237 | 9 | 10 | 12 | 17 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 382 | 368 | 14 | 16 | 32 | 26 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 586 | 564 | 21 | 24 | 46 | 43 | 4 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 686 | 660 | 25 | 29 | 48 | 52 | 5 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 652 | 628 | 23 | 26 | 48 | 42 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 660 | 635 | 24 | 27 | 52 | 46 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 480 | 462 | 17 | 20 | 34 | 39 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 395 | 380 | 14 | 16 | 28 | 24 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 87 | 83 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 77 | 74 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 50 | 48 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 26 | 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 24 | 23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 296 | 285 | 11 | 8 | 25 | 21 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 616 | 593 | 21 | 24 | 45 | 46 | 4 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| SUB TOTAL | 9118 | 8773 | 328 | 370 | 645 | 632 | 60 | 60 | 9 | 8 | 18 | 22 | 9 | 7 |
| TOTAL | 17891 | | 698 | | 1277 | | 120 | | 17 | | 40 | | 16 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

CONTEO DE VEHICULOS DIA SABADO

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--|------------|-------------------------|------------|-------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------------|----------|-----------|--|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | | | | | | | | | FECHA DE CONTEO: | | | |
| Avenida Mansiche | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | 11/ | 02/ | 23 | |
| ESTACIÓN: | | Carril Derecho: | | | | | | | | | | | | | |
| PC2 | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | | | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | | |
| 07:00 am - 08:00 am | 678 | 674 | 27 | 30 | 47 | 49 | 5 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 08:00 am - 09:00 am | 573 | 570 | 23 | 25 | 40 | 45 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 478 | 475 | 19 | 21 | 33 | 32 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | |
| 10:00 am - 11:00 am | 482 | 479 | 19 | 21 | 33 | 27 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 11:00 am - 12:00 am | 582 | 578 | 23 | 25 | 40 | 41 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 765 | 761 | 31 | 33 | 51 | 52 | 4 | 6 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 207 | 206 | 8 | 9 | 14 | 16 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 110 | 109 | 4 | 5 | 9 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 100 | 99 | 4 | 5 | 10 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 256 | 253 | 10 | 11 | 12 | 17 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 394 | 392 | 16 | 17 | 32 | 27 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 604 | 601 | 24 | 26 | 47 | 43 | 3 | 5 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 708 | 704 | 24 | 35 | 48 | 52 | 4 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 673 | 669 | 27 | 30 | 48 | 43 | 4 | 5 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 680 | 676 | 27 | 30 | 53 | 46 | 4 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 496 | 492 | 28 | 23 | 34 | 40 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 408 | 405 | 16 | 18 | 28 | 25 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 89 | 89 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 01:00 am - 02:00 am | 80 | 79 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 02:00 am - 03:00 am | 51 | 51 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | 27 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 05:00 am - 06:00 am | 305 | 303 | 12 | 9 | 25 | 21 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 635 | 631 | 25 | 27 | 45 | 46 | 4 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| SUB TOTAL | 9406 | 9348 | 378 | 411 | 649 | 638 | 53 | 71 | 8 | 6 | 18 | 20 | 7 | 5 | |
| TOTAL | 18754 | | | 789 | | 1287 | | 124 | | 14 | | 38 | | 12 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22

CONTEO DE VEHICULOS DIA DOMINGO

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-----------------------------|------------|--|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------------|-----------|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | | | | | | | | | FECHA DE CONTEO: | | | |
| Avenida Mansiche | | Carril Izquierdo: | | De la Cruz Gómez Miguel | | | | | | | | 12/ | 02/ | 23 | |
| ESTACIÓN: | | Carril Derecho: | | | | | | | | | | | | | |
| PC2 | | Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | | | |
| | | Automóvil | | Station Wagon Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| | | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 685 | 671 | 24 | 25 | 41 | 45 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 08:00 am - 09:00 am | 579 | 567 | 20 | 21 | 35 | 42 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 483 | 473 | 17 | 18 | 29 | 30 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 486 | 476 | 17 | 18 | 29 | 24 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 587 | 575 | 20 | 22 | 35 | 38 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 772 | 757 | 27 | 29 | 45 | 48 | 6 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 209 | 205 | 7 | 8 | 13 | 15 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 111 | 108 | 4 | 5 | 8 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 101 | 99 | 3 | 5 | 9 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 258 | 251 | 9 | 9 | 9 | 16 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 398 | 391 | 14 | 15 | 29 | 25 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 610 | 598 | 21 | 23 | 39 | 40 | 4 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 715 | 700 | 24 | 30 | 43 | 48 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 679 | 665 | 21 | 26 | 43 | 39 | 5 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 687 | 673 | 24 | 23 | 47 | 42 | 5 | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 500 | 490 | 22 | 19 | 30 | 32 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 412 | 403 | 11 | 15 | 25 | 24 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 90 | 88 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 80 | 79 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 52 | 51 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | 27 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 308 | 302 | 11 | 7 | 23 | 19 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 641 | 628 | 21 | 23 | 40 | 43 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| SUB TOTAL | 9495 | 9302 | 327 | 351 | 572 | 585 | 70 | 60 | 8 | 8 | 13 | 17 | 9 | 6 | |
| TOTAL | 18797 | | | | 1157 | | 130 | | 16 | | 30 | | 15 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23*CORRECCION DE CONTEO DE VEHICULOS CON EL FACTOR DEL PEAJE MAS CERCANO*

| Tipo de vehículo | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Factor de corrección (Peaje) | Total, semanal |
|---|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| AUTOMOVIL | 17856 | 19151 | 17855 | 18862 | 17891 | 18754 | 18797 | 1.007 | 130083 |
| STATION WAGON CAMIONETA (PIKUP / PANEL) | 719 | 715 | 619 | 719 | 698 | 789 | 678 | 1.007 | 4973 |
| COMBI RURAL | 1200 | 1298 | 1234 | 1233 | 1277 | 1287 | 1157 | 1.007 | 8748 |
| MICRO | 140 | 130 | 170 | 140 | 120 | 124 | 130 | 1.007 | 961 |
| BUS 3E | 17 | 12 | 20 | 18 | 17 | 14 | 16 | 1.007 | 115 |
| CAMIÓN 2E | 45 | 80 | 40 | 50 | 40 | 38 | 30 | 1.007 | 326 |
| CAMIÓN 3E | 17 | 13 | 16 | 14 | 16 | 12 | 15 | 1.007 | 104 |
| Total | 19994 | 21399 | 19954 | 21036 | 20059 | 21018 | 20823 | | 145310 |

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El peaje más cercano es Chicama – la libertad

b) Proyección del IMD:

Aplicando las fórmulas y tablas mencionadas en ítem 2.2.1.2. del marco teórico obtendremos la tabla siguiente:

- **Tasas de crecimiento:** PBI = 3.5% (vehículos de carga)
TC poblacional = 1.09% (vehículos de pasajeros y vehículos privados)
- **Nº años proyectados:** 20 años

Tabla 24

RESUMEN DE CONTEO DE VEHICULOS

| TIPO DE VEHÍCULO | Total, (TS) | AÑO 0 (TS/7) | AÑO 5 | AÑO 10 | AÑO 15 | AÑO 20 | PORCENTAJE |
|--|----------------|-----------------|-------|--------|--------|--------------|-------------|
| AUTOMOVIL | 130083 | 18584 | 19408 | 20489 | 21630 | 22835 | 89.36% |
| STATION WAGON CAMIONETA (PIKUP/PANEL) | 4973 | 711 | 743 | 784 | 828 | 874 | 3.42% |
| COMBI RURAL | 8748 | 1250 | 1305 | 1378 | 1455 | 1536 | 6.01% |
| MICRO | 961 | 138 | 144 | 152 | 161 | 170 | 0.66% |
| BUS 3E | 115 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 0.08% |
| CAMION 2E | 326 | 47 | 54 | 64 | 76 | 90 | 0.35% |
| CAMIÓN 3E | 104 | 15 | 17 | 20 | 24 | 29 | 0.11% |
| IMD | 145310 | 20762 | 21689 | 22906 | 24193 | 25554 | 100% |
| PORCENTAJE | | 100.0% | | | | 123.1% | |

Fuente: Elaboración Propia

c) Cálculo de factor vehículo pesado (Fvp):

De acuerdo a las tablas y formulas mencionadas en el ítem 2.2.1.3. del marco teórico, clasificaremos los vehículos.

Tabla 25

PESO DE VEHICULOS SEGÚN LOS EJES SIMPLES O TANDEM

| CONFIGURACIÓN VEHICULAR | EJE DELANTERO | CONJUNTO DE EJES POSTERIORES | | | PESO BRUTO MAXIMO |
|----------------------------|------------------|------------------------------------|-----|-----|-------------------------|
| | | 1RO | 2DO | 3RO | |
| B3E | 7 | 16 | | | 23.00 |
| C2E | 7 | 11 | | | 18.00 |
| C3E | 7 | 18 | | | 25.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26

FACTOR VEHICULAR PESADO (Fvp)

| CONFIGURACIÓN VEHICULAR | Fvp _{ED} | Fvp _{EP} | | | Fvp _{TOTAL} |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-----|-----|----------------------|
| | | 1RO | 2DO | 3RO | |
| Vehiculos ligeros | | | | | 0.0002 |
| B3E | 1.27 | 1.37 | | | 2.63 |
| C2E | 1.27 | 3.24 | | | 4.50 |
| C3E | 1.27 | 2.02 | | | 3.28 |

Fuente: Elaboración Propia

d) $EE_{\text{día-carril}}$ por cada tipo de vehículo

De acuerdo a las fórmulas mencionadas en el ítem 2.2.1.4. y tabla en el ítem 2.2.1.1. del marco teórico, obtendremos los siguientes resultados.

Tabla 27

EJES EQUIVALENTE POR DIA Y CARRIL

| TIPO DE VEHÍCULO | IMD ₂₀ | F _d *F _c | F _{vp} | F _p | EE _{día-carril} | PORCEN_TAJE |
|---|-------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|-------------|
| AUTOMOVIL | 22835 | 0.4 | 0.0002 | 1 | 2 | 0.81% |
| STATION WAGON CAMIONETA (PIKUP/PANEL) | 874 | 0.4 | 0.0002 | 1 | 0 | 0.03% |
| COMBI RURAL | 1536 | 0.4 | 0.0002 | 1 | 0 | 0.05% |
| MICRO | 170 | 0.4 | 0.0002 | 1 | 0 | 0.01% |
| BUS 3E | 21 | 0.4 | 2.63 | 1 | 22 | 9.79% |
| CAMION 2E | 90 | 0.4 | 4.50 | 1 | 163 | 72.45% |
| CAMIÓN 3E | 29 | 0.4 | 3.28 | 1 | 38 | 16.86% |
| TOTAL | 25554 | | | | 225 | 100% |

Fuente: Elaboración Propia

e) Cálculo del Nrep. de ejes equivalentes:

De acuerdo a las fórmulas mencionadas en el ítem 2.2.1.4. del marco teórico, obtendremos el ESAL.

$$F_{ca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 28.28 \text{ vehiculos de carga}$$

$$F_{ca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 22.21 \text{ vehiculos de pasajeros y vehiculos privados}$$

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * F_{ca} * 365)] = 2,266,001.00 \text{ EE}$$

$$ESAL_{\text{diseño}} = 2,300,000.00 \text{ EE}$$

3.5.2. Tipo de tráfico según el ESAL de diseño:

De acuerdo a la tabla mencionadas en el ítem 2.2.2. del marco teórico, tendremos:

- ✓ **Número de EE de 8.2tn de diseño:** 2.300.000,
- ✓ **Rango:** 1'500,000 < EE ≤ 3'000,000 EE
- ✓ **Tipo de tráfico:** T_{p6}

3.5.3. Metodología del PCI

a) Número mínimo de muestras a evaluar: El punto de levantamiento comienza desde Mansiche hasta Jesús de Nazareth, cada unidad de muestreo debe tener un área de 225±90m² aproximadamente, por lo tanto, se dividió la vía cada 40 m.

$$\text{Area de unidades de muestras} = 40 * 7 = 280 \text{ m}^2$$

$$N = \frac{8\ 660}{40} = 218 \text{ unidades de muestras (UM) existentes}$$

$$e = 5\% \quad ; \quad \sigma = 10 \text{ en pavimento asfáltico}$$

$$n = \frac{218 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (218 - 1) + 10^2} = 15 \text{ UM como mínimo}$$

Nº de unidades de muestras a evaluadas:18

Nota: La ecuación la encontraremos en el ítem 2.2.3.1.del marco teórico.

b) Intervalo muestreo a seleccionar: Se calculará en base a la ecuación presentada en el ítem 2.2.3.1.del marco teórico:

$$i = \frac{218}{18} = 12.11 = 18@12$$

Tabla 28*PROGRESIVAS Y NUMERO DE MUESTRA A EVALUAR*

| MUESTRA | PI | PF |
|-----------------|-----------|-----------|
| PCI 1 / PCI 2 | 0+000 | 0+040 |
| PCI 3 / PCI 4 | 0+480 | 0+520 |
| PCI 5 / PCI 6 | 0+960 | 1+000 |
| PCI 7 / PCI 8 | 1+440 | 1+480 |
| PCI 9 / PCI 10 | 1+920 | 1+960 |
| PCI 11 / PCI 12 | 2+400 | 2+440 |
| PCI 13 / PCI 14 | 2+880 | 2+920 |
| PCI 15 / PCI 16 | 3+360 | 3+400 |
| PCI 17 / PCI 18 | 3+840 | 3+880 |

Fuente: Elaboración Propia

c) Cálculo del PCI de cada unidad de muestreo:

✓ **Unidad de muestras N°01:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 29

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | | P | | | B | | DA | |
|-----------------------|-----------|----|-----|-----------|------|------|-----------|----|-----------|----|
| Severidad | M | M | M | L | M | M | M | M | M | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 2.4 | 3 | 4.2 | 6.2 | - | - | - | - | 10 | 10 |
| Ancho (m) | 1.9 | 2 | 2.1 | 2.7 | - | - | - | - | 3 | 3 |
| Cantidad (m) | - | - | - | 1 | 2 | 2 | 3 | - | - | - |
| Parciales | 4.6 | 7 | 8.8 | 16.7 | 0.57 | 0.32 | 0.15 | 30 | 30 | |
| Total | 20.28 | | | 16.7 | | | 1.03 | | 60 | |
| Densidad | 7.8% | | | 6.4% | | | 0.40% | | 23.1% | |
| VALOR DEDUCIDO | 42 | | | 13 | | | 18 | | 28 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 42$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.33$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.33$$

Tabla 30

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 42 | 42 | 42 | 42 |
| Valores Deducidos | 28 | 28 | 28 | 2 |
| | 18 | 18 | 2 | 2 |
| | 13 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 102 | 92 | 77 | 52 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 58 | 60 | 55 | 52 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 1} = 100 - 60 = 40$$

✓ **Unidad de muestras N°02:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos

Tabla 31

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | P | P | B | B | DA | DA | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|------|-----------|-----|----------|-----------|------|-----------|------|
| Severidad | M | L | L | M | M | L | H | H | M | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 6 | 2.5 | 4 | 3.5 | 2 | - | - | - | 8 | 5.2 |
| Ancho (m) | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 2 | 1.5 | - | - | - | 2.5 | 1.8 |
| Cantidad (m) | | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 1 | 1 | - | - |
| Parciales | 8.4 | 7.5 | 11.2 | 21 | 15 | 0.48 | 0.28 | 0.20 | 20 | 9.36 |
| Total | 8.4 | 18.7 | | 36 | | 0.477 | 0.48 | | 29.36 | |
| Densidad | 3.2% | 7.2% | | 13.8% | | 0.18% | 0.18% | | 11.3% | |
| VALOR DEDUCIDO | 36 | 13 | | 35 | | 4 | 23 | | 19 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 6$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 36$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.88$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.88$$

Tabla 32

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 2 |
| | 23 | 23 | 23 | 23 | 2 | 2 |
| Valores Deducidos | 19 | 19 | 19 | 2 | 2 | 2 |
| | 13 | 13 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 130 | 128 | 117 | 100 | 79 | 46 |
| q | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 65 | 67 | 67 | 65 | 57 | 46 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 2} = 100 - 67 = 33$$

✓ **Unidad de muestras N°03:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 33

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | PC | P | GLT | B | B |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Severidad | L | M | L | L | L | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | ml | m | m |
| Longitud (m) | 30.8 | 3 | 4 | - | - | - |
| Ancho (m) | 1 | 2.3 | 1.5 | 15 | - | - |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | 3 | 2 |
| Parciales | 30.8 | 6.9 | 6 | 15 | 0.29 | 0.25 |
| Total | 30.8 | 6.9 | 6 | 15.3 | 0.54 | 0.77 |
| Densidad | 11.8% | 2.7% | 2.3% | 5.9% | 0.21% | 0.30% |
| VALOR DEDUCIDO | 34 | 31 | 5 | 5 | 10 | 15 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 6$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 34$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.06$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 7.06$$

Tabla 34

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 2 |
| | 15 | 15 | 15 | 15 | 2 | 2 |
| Valores Deducidos | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 |
| | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 100 | 97 | 94 | 86 | 73 | 44 |
| q | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 48 | 52 | 53 | 56 | 55 | 44 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 3} = 100 - 56 = 44$$

✓ **Unidad de muestras N°04:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 35

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | P | | B | |
|-----------------------|-----------|------|----------|------|----------|-------|
| Severidad | L | L | L | L | L | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m | m |
| Longitud (m) | 5 | 3.5 | 3.5 | 1.15 | - | - |
| Ancho (m) | 1.2 | 2.15 | 1 | 0.85 | - | - |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | 4 | 2 |
| Parciales | 6 | 7.53 | 3.5 | 0.98 | 0.5 | 0.39 |
| Total | 6 | | 12 | | 0.5 | 0.39 |
| Densidad | 2.3% | | 4.6% | | 0.19% | 0.15% |
| VALOR DEDUCIDO | 16 | | 8 | | 5 | |
| | | | | | 8 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 16$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 8.71$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 8.71$$

Tabla 36

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Valores Deducidos | 8 | 8 | 8 | 2 |
| | 8 | 8 | 2 | 2 |
| | 5 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 37 | 34 | 28 | 22 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 19 | 20 | 21 | 22 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 4} = 100 - 22 = 78$$

✓ **Unidad de muestras N°05:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 37

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | PC | GLT |
|-----------------------|-----------|----------|----------|
| Severidad | L | L | M |
| Und | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 1.5 | 3 | 5 |
| Ancho (m) | 1 | 1.2 | 2 |
| Cantidad (m) | - | - | - |
| Parciales | 1.5 | 3.6 | 10 |
| Total | 5.10 | 10.00 | 7.00 |
| Densidad | 2.0% | 3.8% | 17.5% |
| VALOR DEDUCIDO | 42 | 5 | 5 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 16$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 8.71$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 8.71$$

Tabla 38

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 42 | 42 | 42 |
| Valores Deducidos | 5 | 5 | 2 |
| | 5 | 2 | 2 |
| VDT | 52 | 49 | 46 |
| q | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 32 | 36 | 46 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI } 5 = 100 - 46 = 54$$

✓ **Unidad de muestras N°06:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 39

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | | B | | P |
|-----------------------|-----|-----------|----|----------|------|-----------|
| Severidad | L | L | L | L | L | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 1.5 | 5 | 10 | - | - | 3.8 |
| Ancho (m) | 1 | 1.2 | 5 | - | - | 1.35 |
| Cantidad (m) | - | - | - | 2 | 1 | 0.8 |
| Parciales | 1.5 | 6 | 50 | 0.25 | 0.13 | 4.1 |
| Total | | 57.50 | | 0.38 | | 4.1 |
| Densidad | | 22.1% | | 0.14% | | 1.6% |
| VALOR DEDUCIDO | | 42 | | 5 | | 12 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 3$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 42$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.33$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.33$$

Tabla 40

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 42 | 42 | 42 |
| Valores Deducidos | 12 | 12 | 2 |
| | 5 | 2 | 2 |
| VDT | 59 | 56 | 46 |
| q | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 38 | 42 | 46 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI } 6 = 100 - 46 = 54$$

✓ **Unidad de muestras N°07:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 41

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | GLT | | B | | AH | AH |
|-----------------------|-----------|---|----------|------|-----------|-----------|
| Severidad | M | M | M | M | L | M |
| Und | m | m | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 12 | 5 | - | - | 10 | 3 |
| Ancho (m) | - | - | - | - | 5.5 | 2 |
| Cantidad (m) | - | - | 1 | 2 | - | - |
| Parciales | 12 | 5 | 0.02 | 0.25 | 55 | 6 |
| Total | 17.00 | | 0.27 | | 55 | 6 |
| Densidad | 6.5% | | 0.10% | | 21.2% | 2.3% |
| VALOR DEDUCIDO | 12 | | 6 | | 30 | 19 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 30$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.43$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 7.43$$

Tabla 42

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Valores Deducidos | 19 | 19 | 19 | 2 |
| | 12 | 12 | 2 | 2 |
| | 6 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 67 | 63 | 53 | 36 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 38 | 40 | 40 | 36 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 7} = 100 - 40 = 60$$

✓ **Unidad de muestras N°08:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 43

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | GLT | B | B | D | A |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Severidad | L | H | H | M | L | M |
| Und | m | m | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 6 | 7 | 3 | - | - | 5 |
| Ancho (m) | 5.5 | - | - | - | - | 3 |
| Cantidad (m) | - | - | - | 2 | 2 | - |
| Parciales | 33 | 7 | 3 | 0.57 | 0.25 | 15 |
| Total | 33 | 10 | | 0.57 | 0.25 | 15 |
| Densidad | 12.7% | 3.8% | | 0.22% | 0.10% | 5.8% |
| VALOR DEDUCIDO | 35 | 20 | 11 | 3 | 18 | 28 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 6$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 35$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.97$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.97$$

Tabla 44

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 2 |
| | 20 | 20 | 20 | 20 | 2 | 2 |
| Valores Deducidos | 18 | 18 | 18 | 2 | 2 | 2 |
| | 11 | 11 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 115 | 114 | 105 | 89 | 71 | 45 |
| q | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 57 | 60 | 60 | 57 | 54 | 45 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 8} = 100 - 60 = 40$$

✓ **Unidad de muestras N°09:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 45

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | GLT | | A | | B | | H | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----|-----------|-----|----------|------|----------|-----------|
| Severidad | H | M | M | L | L | M | M | L | M |
| Und | m | m | m | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 4 | 11.2 | 6.5 | 8 | 3 | - | - | 5 | 2.8 |
| Ancho (m) | - | - | - | 0.5 | 0.4 | - | - | 2.5 | 1.8 |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | - | 1 | 2 | - | - |
| Parciales | 4 | 11.2 | 6.5 | 4 | 1.2 | 0.05 | 0.25 | 12.5 | 5.04 |
| Total | 4 | 17.7 | | 5.20 | | 0.30 | | 12.5 | 5.04 |
| Densidad | 1.5% | 6.8% | | 2.00% | | 0.12% | | 4.8% | 1.9% |
| VALOR DEDUCIDO | 11 | 13 | | 14 | | 7 | | 8 | 18 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 6$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 18$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 8.53$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 8.53$$

Tabla 46

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 2 |
| | 13 | 13 | 13 | 13 | 2 | 2 |
| Valores Deducidos | 11 | 11 | 11 | 2 | 2 | 2 |
| | 8 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 71 | 66 | 60 | 51 | 40 | 28 |
| q | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 34 | 34 | 38 | 38 | 30 | 28 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 9} = 100 - 38 = 62$$

✓ **Unidad de muestras N°10:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 47

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | AH | PC | AB | B | | GLT | |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|------|-----------|-----|
| Severidad | M | L | M | M | M | H | H |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m | m |
| Longitud (m) | 3 | 12.5 | 3 | - | - | 4 | 3.8 |
| Ancho (m) | 2.5 | 2.5 | 2.5 | - | - | - | - |
| Cantidad (m) | - | - | - | 3 | 1 | - | - |
| Parciales | 7.5 | 31.25 | 7.5 | 0.21 | 0.28 | 4 | 3.8 |
| Total | 7.5 | 31.25 | 7.5 | 0.49 | | 7.80 | |
| Densidad | 2.9% | 12.0% | 2.9% | 0.19% | | 3.0% | |
| VALOR DEDUCIDO | 22 | 34 | 8 | 44 | | 18 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 5$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 44$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.14$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.14$$

Tabla 48

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| | 34 | 34 | 34 | 34 | 2 |
| Valores Deducidos | 22 | 22 | 22 | 2 | 2 |
| | 18 | 18 | 2 | 2 | 2 |
| | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 126 | 120 | 104 | 84 | 52 |
| q | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 65 | 68 | 65 | 61 | 52 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 10} = 100 - 68 = 32$$

✓ **Unidad de muestras N°11:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 49

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | | AB | | GLT | |
|-----------------------|-----|-----------|-----|----------|------|-----------|----|
| Severidad | H | H | H | H | H | H | H |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m | m |
| Longitud (m) | 5 | 2.3 | 1.2 | 4.6 | 2.1 | 8 | 13 |
| Ancho (m) | 0.8 | 0.5 | 1.5 | 0.5 | 0.7 | - | - |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | - | - | - |
| Parciales | 4 | 1.15 | 1.8 | 2.3 | 1.47 | 8 | 13 |
| Total | | 6.95 | | 3.77 | | 21.00 | |
| Densidad | | 2.7% | | 1.45% | | 8.1% | |
| VALOR DEDUCIDO | | 44 | | 8 | | 30 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 3$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 44$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.14$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.14$$

Tabla 50

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 44 | 44 | 44 |
| Valores Deducidos | 30 | 30 | 2 |
| | 8 | 2 | 2 |
| VDT | 82 | 76 | 48 |
| q | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 53 | 54 | 48 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 11} = 100 - 54 = 46$$

✓ **Unidad de muestras N°12:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 51

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | C | | D | | P | | GLT | |
|-----------------------|-----------|------|-----------|-----------|----------|-----|-----|---|
| Severidad | M | M | M | H | L | L | L | L |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m | m | m | m |
| Longitud (m) | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 12 | 0.5 | 1.5 | 10 | |
| Ancho (m) | 0.4 | 0.55 | 5.5 | 1.5 | - | - | - | |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | - | - | - | |
| Parciales | 0.48 | 0.61 | 6.6 | 18 | 0.5 | 1.5 | 10 | |
| Total | 1.09 | | 6.60 | 18 | 12 | | | |
| Densidad | 0.4% | | 2.54% | 6.92% | 4.6% | | | |
| VALOR DEDUCIDO | 10 | | 13 | 43 | 4 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 43$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.23$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.23$$

Tabla 52

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 4 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 43 | 43 | 43 | 43 |
| Valores Deducidos | 13 | 13 | 13 | 2 |
| | 10 | 10 | 2 | 2 |
| | 4 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 70 | 68 | 60 | 49 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 41 | 44 | 44 | 49 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 12} = 100 - 49 = 51$$

✓ **Unidad de muestras N°13:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 53

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | B | | GLT | | GLT |
|-----------------------|-----------|------|-----------|------|----------|
| Severidad | H | H | M | M | L |
| Und | m2 | m2 | m | m | m |
| Longitud (m) | - | - | 11.7 | 13.5 | 10.4 |
| Ancho (m) | - | - | - | - | - |
| Cantidad (m) | 1 | 1 | - | - | - |
| Parciales | 0.38 | 0.20 | 11.7 | 13.5 | 10.4 |
| Total | 0.58 | | 36 | | 10.4 |
| Densidad | 0.22% | | 13.7% | | 4.0% |
| VALOR DEDUCIDO | 26 | | 21 | | 3 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 3$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 26$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.80$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 7.80$$

Tabla 54

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 26 | 26 | 26 |
| Valores Deducidos | 21 | 21 | 2 |
| | 3 | 2 | 2 |
| VDT | 50 | 49 | 30 |
| q | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 33 | 38 | 30 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 13} = 100 - 38 = 62$$

✓ **Unidad de muestras N°14:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 55

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | PC | | A | A |
|-----------------------|----------|------|-----------|-------|-----------|-----------|
| Severidad | H | H | M | M | M | H |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | 7.2 | 5.4 | 3.6 | 8.2 | 10.4 | 11.4 |
| Ancho (m) | 1.6 | 2.4 | 5.3 | 3.6 | 0.5 | 0.4 |
| Cantidad (m) | 1 | 1 | - | - | - | - |
| Parciales | 0.38 | 0.20 | 19.08 | 29.52 | 5.2 | 4.56 |
| Total | 0.58 | | 49 | | 5.2 | 4.56 |
| Densidad | 0.22% | | 18.7% | | 2.0% | 1.8% |
| VALOR DEDUCIDO | 6 | | 54 | | 25 | 35 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 54$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 5.22$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 5.22$$

Tabla 56

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Valores Deducidos | 35 | 35 | 35 | 2 |
| | 25 | 25 | 2 | 2 |
| | 6 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 120 | 116 | 93 | 60 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 69 | 72 | 66 | 60 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 14} = 100 - 72 = 28$$

✓ **Unidad de muestras N°15:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 57

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | GLT | | | | AB |
|-----------------------|-----------|-----|-----|-----|----------|
| Severidad | H | H | H | H | M |
| Und | m | m | m | m | m2 |
| Longitud (m) | 4.9 | 5.3 | 2.4 | 6.4 | 2.5 |
| Ancho (m) | - | - | - | - | 1.1 |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | - |
| Parciales | 4.9 | 5.3 | 2.4 | 6.4 | 2.75 |
| Total | 19.00 | | | | 2.75 |
| Densidad | 7.31% | | | | 1.1% |
| VALOR DEDUCIDO | 29 | | | | 7 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 2$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 29$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 7.52$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 7.52$$

Tabla 58

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Valores Deducidos | 29 | 29 |
| | 7 | 2 |
| VDT | 36 | 31 |
| q | 2 | 1 |
| VDC | 26 | 31 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 15} = 100 - 31 = 69$$

✓ **Unidad de muestras N°16:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 59

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | B | | PC | | AB | | AB | |
|-----------------------|-----------|------|-----------|----|----------|-----|----------|------|
| Severidad | H | H | M | M | H | H | M | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 | m2 |
| Longitud (m) | - | - | 3.1 | 6 | 1.5 | 1 | 2.6 | 1.3 |
| Ancho (m) | - | - | 1.5 | 4 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 0.6 |
| Cantidad (m) | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - |
| Parciales | 0.38 | 0.39 | 4.65 | 24 | 0.75 | 0.5 | 3.12 | 0.78 |
| Total | 0.77 | | 28.65 | | 1.25 | | 3.90 | |
| Densidad | 0.30% | | 11.02% | | 0.48% | | 1.50% | |
| VALOR DEDUCIDO | 32 | | 47 | | 4 | | 4 | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 4$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 47$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 5.87$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 5.87$$

Tabla 60

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 47 | 47 | 47 | 47 |
| Valores Deducidos | 32 | 32 | 32 | 2 |
| | 4 | 4 | 2 | 2 |
| | 4 | 2 | 2 | 2 |
| VDT | 87 | 85 | 83 | 53 |
| q | 4 | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 50 | 55 | 60 | 53 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 16} = 100 - 72 = 28$$

✓ **Unidad de muestras N°17:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 61

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | PC | | | | | GLT | | |
|-----------------------|-----------|------|------|------|-----|-----------|-----|-----|
| Severidad | M | M | M | M | M | M | M | M |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m | m | m | m |
| Longitud (m) | 4.3 | 3.4 | 2.8 | 5.6 | 5.9 | 6.3 | 5.2 | 7.1 |
| Ancho (m) | 0.5 | 0.6 | 3.2 | 4 | - | - | - | - |
| Cantidad (m) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Parciales | 2.15 | 2.04 | 8.96 | 22.4 | 5.9 | 6.3 | 5.2 | 7.1 |
| Total | 35.55 | | | | | 24.50 | | |
| Densidad | 13.67% | | | | | 9.42% | | |
| VALOR DEDUCIDO | 50 | | | | | 18 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 2$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 50$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 5.59$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 5.59$$

Tabla 62

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN Nº | 1 | 2 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Valores Deducidos | 50 | 50 |
| | 18 | 2 |
| VDT | 68 | 52 |
| q | 2 | 1 |
| VDC | 50 | 52 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 17} = 100 - 52 = 48$$

✓ **Unidad de muestras N°18:**

Primero calcularemos el valor deducido de cada tipo de daño y según su severidad (L, M, H), en base a los ábacos presentada en los anexos.

Tabla 63

VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES DE LA UM

| DAÑO | B | | P | | GLT |
|-----------------------|-----------|------|-----------|-------|-----------|
| Severidad | H | H | M | M | L |
| Und | m2 | m2 | m2 | m2 | m |
| Longitud (m) | - | - | 12.3 | 11.6 | 15.2 |
| Ancho (m) | - | - | 2.8 | 1.2 | - |
| Cantidad (m) | 1 | 3 | - | - | - |
| Parciales | 0.38 | 0.59 | 34.44 | 13.92 | 15.2 |
| Total | 0.97 | | 48.36 | | 15.2 |
| Densidad | 0.37% | | 18.60% | | 5.85% |
| VALOR DEDUCIDO | 36 | | 40 | | 23 |

Fuente: Elaboración Propia

Después hallamos el número máximo de valores deducidos >2 e iteramos para poder hallar el Max. VDC, con el cual determinaremos el PCI.

$$\text{Número de valores deducido } > 2 (q) = 3$$

$$\text{Valor deducido más alto (HVDi)} = 40$$

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - \text{HVDi}) = 6.51$$

$$\text{Nº máx. de valores deducidos } > 2 (m_i) = 6.51$$

Tabla 64

CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

| ITERACIÓN N° | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 40 | 40 | 40 |
| Valores Deducidos | 36 | 36 | 2 |
| | 23 | 2 | 2 |
| VDT | 99 | 78 | 44 |
| q | 3 | 2 | 1 |
| VDC | 63 | 56 | 44 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{PCI 18} = 100 - 63 = 37$$

d) Cálculo del PCI_{PROMEDIO}:

Calculamos el PCI_{PROMEDIO} con los PCI de cada muestra, así mismo se realizó su clasificación, en base a la tabla del manual PCI ASTM D6433.

Tabla 65**CALCULO DEL INDICE PROMEDIO DE CONDICION DE PAVIMENTO**

| ITEM | VALOR | CLASIFICACION ASTM D 6433 |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| PCI 1 | 40 | MALO |
| PCI 2 | 33 | MALO |
| PCI 3 | 44 | REGULAR |
| PCI 4 | 78 | MUY BUENO |
| PCI 5 | 54 | REGULAR |
| PCI 6 | 54 | REGULAR |
| PCI 7 | 60 | BUENO |
| PCI 8 | 40 | MALO |
| PCI 9 | 62 | BUENO |
| PCI 10 | 32 | MALO |
| PCI 11 | 46 | REGULAR |
| PCI 12 | 51 | REGULAR |
| PCI 13 | 62 | BUENO |
| PCI 14 | 28 | MALO |
| PCI 15 | 69 | BUENO |
| PCI 16 | 40 | MALO |
| PCI 17 | 48 | REGULAR |
| PCI 18 | 37 | MALO |
| PCI_{promedio} | 49 | REGULAR |

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4. Evaluación estructural empleando la Viga de Benkelman

3.5.4.1. Cálculo de la deflexión característica y radios de curvatura:

✓ **Tramo:** Avenida Jesús de Nazareth

Relación de brazos de viga: 1:4

Carril: Izquierdo

Fecha: 02/02/2023

Carga: 8.2kg

Presión: 80 psi

Tabla 66

CALCULO DE LAS DEFLEXIONES CORREGIDAS Y EL Rc

| ESTACION Km | LECTURAS DIAL (0.01mm) | | | | | TEMP. °C | ESPESOR e(cm) | Ft | Fe. | DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm) | | | | | Rc m |
|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|------------------|-------|-----|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | L ₀ | L ₂₅ | L ₅₀ | L ₁₀₀ | L ₂₅₀ | | | | | D ₀ | D ₂₅ | D ₅₀ | D ₁₀₀ | D ₂₅₀ | |
| PUNTO 01 - Km 1+100 | 200 | 192 | 184 | 183 | 182 | 24° | 7 | 0.973 | 1.2 | 84.0 | 46.7 | 9.3 | 4.7 | 0.0 | 83.80 |
| PUNTO 02 - Km 2+500 | 200 | 193 | 184 | 182 | 181 | 24° | 7 | 0.973 | 1.2 | 88.7 | 56.0 | 14.0 | 4.7 | 0.0 | 95.60 |

Fuente: Elaboración Propia

Estadística final:

Deflexión Media: 86.35 (0.01mm)

Desviación Standard (σ): 3.32 (0.01mm)

Coefficiente de Variación (CV): 3.85 %

Deflexión Característica (Dc): 91.82 (0.01mm)

Nota: los cálculos se realizaron conforme a las ecuaciones presentadas en el Item 2.2.4.2. del marco teórico.

✓ **Tramo:** Avenida Jesús de Nazareth

Relación de brazos de viga: 1:4

Carril: Derecho

Fecha: 02/02/2023

Carga: 8.2kg

Presión: 80 psi

Tabla 67

CALCULO DE LAS DEFLEXIONES CORREGIDAS Y EL Rc

| ESTACION Km | LECTURAS DIAL (0.01mm) | | | | | TEMP. °C | ESPESOR e(cm) | Ft | Fe. | DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm) | | | | | Rc m |
|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|------------------|------|-----|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | L ₀ | L ₂₅ | L ₅₀ | L ₁₀₀ | L ₂₅₀ | | | | | D ₀ | D ₂₅ | D ₅₀ | D ₁₀₀ | D ₂₅₀ | |
| PUNTO 01 - Km 1+100 | 200 | 193 | 185 | 183 | 182 | 24° | 7 | 0.97 | 1.2 | 84.0 | 51.4 | 14.0 | 4.7 | 0.0 | 95.9 |
| PUNTO 02 - Km 2+500 | 200 | 194 | 185 | 184 | 183 | 24° | 7 | 0.97 | 1.2 | 79.4 | 51.4 | 9.3 | 4.7 | 0.0 | 111.6 |

Fuente: Elaboración Propia

Estadística final:

Deflexión Media: 84.0 (0.01mm)

Desviación Standard (σ): 3.25 (0.01mm)

Coefficiente de Variación (CV): 3.98 %

Deflexión Característica (Dc): 87.05 (0.01mm)

Nota: los cálculos se realizaron conforme a las ecuaciones presentadas en el Item 2.2.4.2. del marco teórico.

✓ **Tramo:** Avenida Mansiche

Relación de brazos de viga: 1:4

Carril: Izquierdo

Fecha: 02/02/2023

Carga: 8.2kg

Presión: 80 psi

Tabla 68

CALCULO DE LAS DEFLEXIONES CORREGIDAS Y EL Rc

| ESTACION Km | LECTURAS DIAL (0.01mm) | | | | | TEMP. °C | ESPESOR e(cm) | Ft | Fe. | DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm) | | | | | Rc m |
|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|------------------|-----|-----|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | L ₀ | L ₂₅ | L ₅₀ | L ₁₀₀ | L ₂₅₀ | | | | | D ₀ | D ₂₅ | D ₅₀ | D ₁₀₀ | D ₂₅₀ | |
| PUNTO 01 - Km 3+300 | 200 | 192 | 184 | 182 | 181 | 23 | 7 | 1.0 | 1.2 | 89.3 | 51.7 | 14.10 | 4.7 | 0.0 | 83.1 |
| PUNTO 02 - Km 3+600 | 200 | 194 | 186 | 185 | 183 | 23 | 7 | 1.0 | 1.2 | 79.9 | 51.7 | 14.10 | 9.4 | 0.0 | 110.8 |

Fuente: Elaboración Propia

Estadística final:

Deflexión Media: 84.60 (0.01mm)

Desviación Standard (σ): 6.65 (0.01mm)

Coefficiente de Variación (CV): 7.86 %

Deflexión Característica (Dc): 95.53 (0.01mm)

Nota: los cálculos se realizaron conforme a las ecuaciones presentadas en el Item 2.2.4.2. del marco teórico.

✓ **Tramo:** Avenida Mansiche

Relación de brazos de viga: 1:4

Carril: Derecho

Fecha: 02/02/2023

Carga: 8.2kg

Presión: 80 psi

Tabla 69

CALCULO DE LAS DEFLEXIONES CORREGIDAS Y EL Rc

| ESTACION Km | LECTURAS DIAL (0.01mm) | | | | | TEMP. °C | ESPESOR e(cm) | Ft | Fe. | DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm) | | | | | Rc m |
|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|------------------|-----|-----|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | L ₀ | L ₂₅ | L ₅₀ | L ₁₀₀ | L ₂₅₀ | | | | | D ₀ | D ₂₅ | D ₅₀ | D ₁₀₀ | D ₂₅₀ | |
| PUNTO 01 - Km 3+300 | 200 | 193 | 184 | 183 | 182 | 23 | 7 | 1.0 | 1.2 | 84.6 | 51.7 | 9.40 | 4.7 | 0.0 | 95.0 |
| PUNTO 02 - Km 3+600 | 200 | 193 | 185 | 184 | 183 | 23 | 7 | 1.0 | 1.2 | 79.9 | 47.0 | 9.40 | 4.7 | 0.0 | 95.0 |

Fuente: Elaboración Propia

Estadística final:

Deflexión Media: 82.25 (0.01mm)

Desviación Standard (σ): 3.32 (0.01mm)

Coefficiente de Variación (CV): 4.04 %

Deflexión Característica (Dc): 87.72 (0.01mm)

Nota: los cálculos se realizaron conforme a las ecuaciones presentadas en el Item 2.2.4.2. del marco teórico.

3.5.4.2. Diseño de espesor de reforzamiento

a) Establecemos la situación actual del pavimento

Cálculo de la **deflexión admisible (Dadm)**:

- ✓ N° rep. De EE:2'300,000

$$Dadm = (1.15/2.3)^{0.25} = 0.84 \text{ mm}$$

Cálculo de la **deflexión crítica (Dcr)**:

- ✓ N° rep. De EE:2'300,000

$$Dcr = (1.90/2.3)^{1/5.3} = 0.96 \text{ mm}$$

Tabla 70

COMPARACION ENTRE LA Dc Y LA Dadm

| Ubicación | Dc | | Dadm | Rc |
|---|--------|---|------|-----|
| Tramo: Avenida Jesús de Nazareth | | | | |
| Carril Derecho | 0.9182 | > | 0.84 | >80 |
| Carril Izquierdo | 0.8705 | > | 0.84 | >80 |
| Tramo: Avenida Mansiche | | | | |
| Carril Derecho | 0.9553 | > | 0.84 | >80 |
| Carril Izquierdo | 0.8772 | > | 0.84 | >80 |

Fuente: Elaboración Propia

Conforme a los casos presentados en el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (anexo 51), nos encontramos en:

Caso 2: La Dc resulta superior a la Dadm, el Rc superior a 80m, entonces las fallas no son de origen estructural. Requiere de un refuerzo estructural lo antes posible, caso contrario no podrá resistir el tráfico previsto.

b) Determinación de espesor de refuerzo:

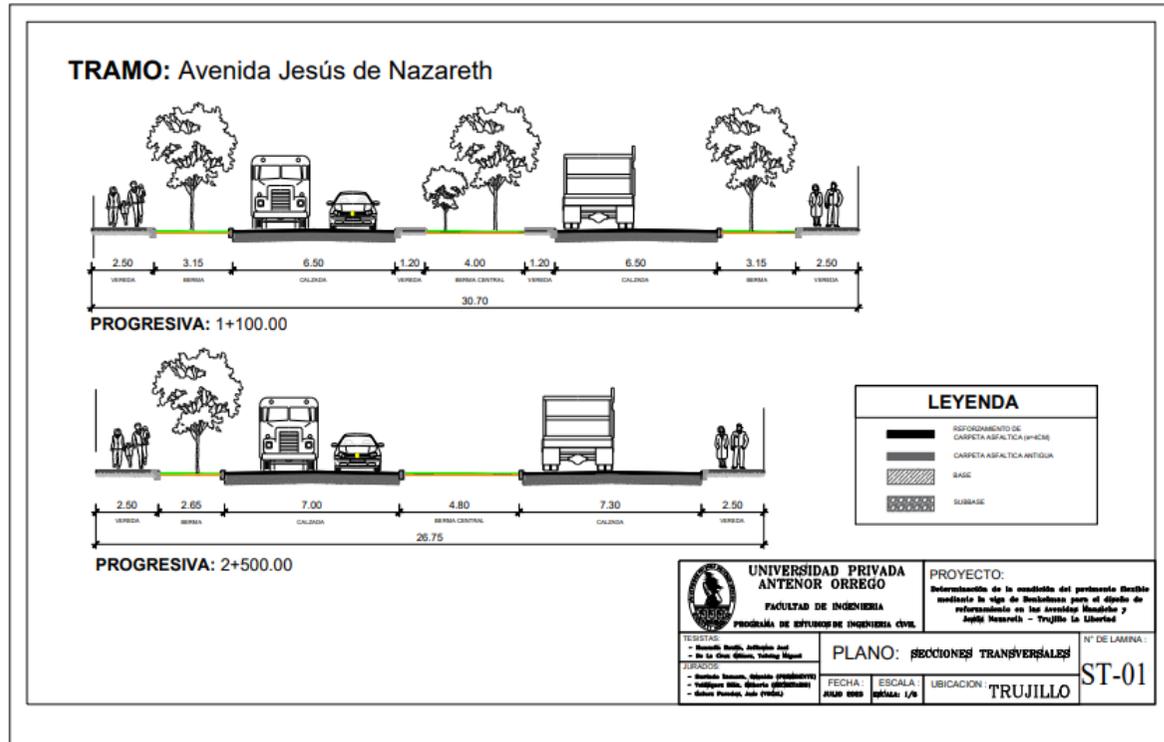
Conforme a la Tabla 17, nos encontramos con:

- ✓ Tipo de tráfico: Tp6
- ✓ Dc: 80 a 100
- ✓ Espesor de carpeta asfáltica en ambos tramos:4cm

3.5.5. Planos de secciones transversales con el diseño de reforzamiento:

Ilustracion 4

ESPESOR DEL REFORZAMIENTO EN LA AVENIDA JESUS DE NAZARETH

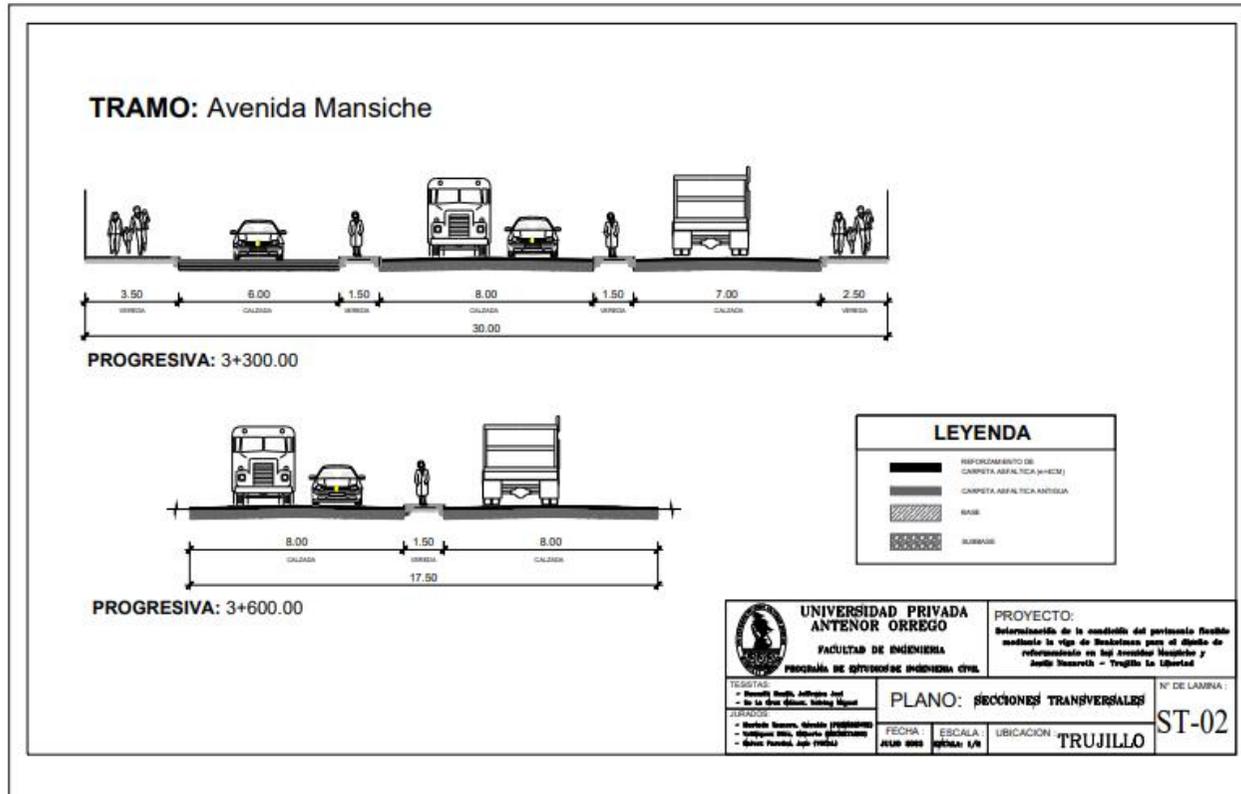


Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

Ilustracion 5

ESPESOR DEL REFORZAMIENTO EN LA AVENIDA MANSICHE

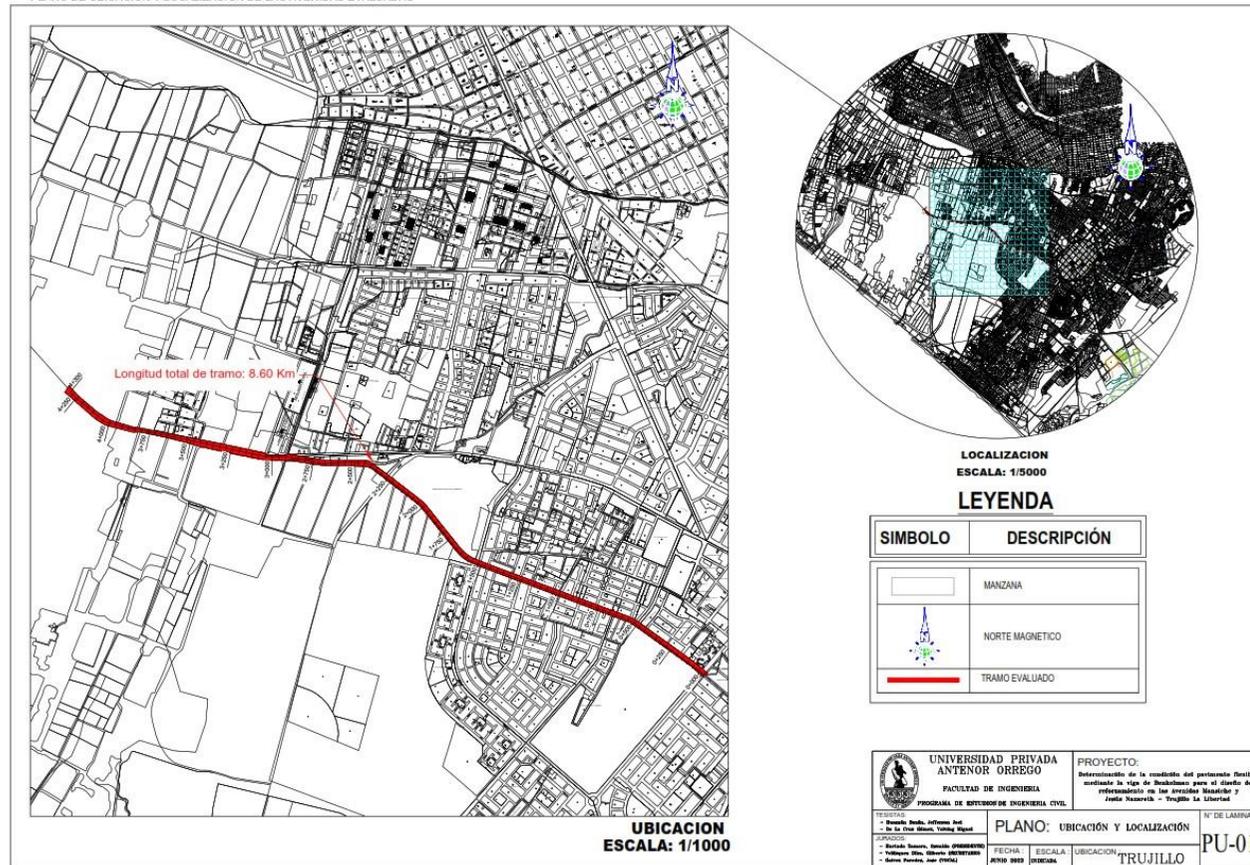


Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

Ilustracion 6

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION DE LAS AVENIDAS EVALUADAS



Fuente: Elaboración Propia

IV PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de resultados:

4.1.1. Estudio de tráfico:

El número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn obtenido fue 2'266,001.00 EE, por lo tanto, el ESAL de diseño es 2'300,00.00 EE.

4.1.2. Tipo de tráfico:

El ESAL de diseño se encuentra entre el rango de $1'500,000 < EE \leq 3'000,000$ EE por lo tanto tenemos un tipo de tráfico Tp_6 .

4.1.3. Estado actual del pavimento flexible (PCI):

El PCI promedio de las unidades de muestras evaluadas fue 49 el cual se encuentra clasificado por el ASTM D 6433 como REGULAR.

4.1.4. Deflexiones máximas obtenidas:

Tramo: Avenida Jesús de Nazareth

- ✓ Carril Izquierdo 88.7 (0.01mm)
- ✓ Carril Derecho 84.0 (0.01mm)

Tramo: Avenida Mansiche

- ✓ Carril Izquierdo 89.3 (0.01mm)
- ✓ Carril Derecho 84.6 (0.01mm)

4.1.5. Deflexión característica y radio de curvatura de cada tramo:

Tramo: Avenida Jesús de Nazareth

- ✓ Carril Izquierdo Dc:91.82 (0.01mm) ; Rc:83.8m y 95.60m
- ✓ Carril Derecho Dc:87.05 (0.01mm) ; Rc:95.9 m y 111.6m

Tramo: Avenida Mansiche

- ✓ Carril Izquierdo Dc:95.53 (0.01mm) ; Rc:83.1m y 110.8m
- ✓ Carril Derecho Dc:87.72 (0.01mm) ; Rc:95 m y 95m

4.1.6. Situación estructural actual del pavimento:

Conforme a los casos presentados en el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (anexo 51), nos encontramos en:

Caso 2: Las Dc son superiores a la Dadm:0.84mm, el Rc es superior a 80m, entonces las fallas no son de origen estructural. Requiere de un refuerzo estructural lo antes posible, caso contrario no podrá resistir el tráfico previsto.

4.1.7. Diseño de reforzamiento en el pavimento:

El espesor del refuerzo con Mezcla asfáltica en caliente, para ambos carriles en ambos tramos será de 4cm.

V DISCUSION DE LOS RESULTADOS

5.1. Estudio de trafico:

El número de vehículos livianos cubre casi el 90% del total de vehículos contabilizados, pero el daño ocasionado por estos es mínimo a los causados por los vehículos pesados por lo cual el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn de diseño es 2'300,00.00 EE.

5.2. Tipo de tráfico:

El tipo de tráfico (Tp_6) se encuentra clasificado como un rango medio entre los 15 rangos presentados por el manual de carreteras, para el cual recomienda una carpeta asfáltica en caliente con espesores de 90mm, mismo que no se cumple al tener un espesor de 70mm actualmente.

5.3. Estado actual del pavimento flexible (PCI):

La densidad de regular y malo en la clasificación de los PCI es considerable, por lo cual el estado del pavimento se encontraría en una clasificación REGULAR – MALO.

5.4. Deflexiones máximas obtenidas:

Las deflexiones máximas obtenidas están bajo la deflexión crítica, por lo tanto, el pavimento aun no culmina su vida útil, pero aun así requiere un refuerzo para el ESAL de diseño considerado.

5.5. Deflexión característica y radio de curvatura de cada tramo:

Las deflexiones características obtenidas están cercanas a la deflexión crítica, pero el $R_c > 80$, por ello requiere un refuerzo con urgencia.

5.6. Situación estructural actual del pavimento:

Las fallas en el pavimento nos muestran que no se hizo la evaluación en su debido tiempo, requiere el refuerzo estructural debido al aumento de ESAL de diseño.

5.7. Diseño de reforzamiento en el pavimento:

El espesor del refuerzo con Mezcla asfáltica en caliente permitirá alargar la vida útil del pavimento disminuyendo la D_c y aumentando el R_c .

CONCLUSIONES

- Se concluye que, teniendo un periodo de diseño de 20 años se tiene ESAL:2'266,001 EE y como ESAL de diseño se considerara 2'300,000.
- Al obtener el ESAL del tráfico que existe en el pavimento estudiado, por el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, se determina que el tipo de tráfico obtenido es de Tp_6 .
- Aplicando el método de PCI, se realizó un análisis por tramo de 40m iniciando en la avenida Jesús de Nazareth y finalizando en la avenida Mansiche, resultando un PCI promedio de 49, donde se concluye que se tiene un Pavimento REGULAR.
- Realizando el ensayo de la viga benkelman en las avenidas estudiadas, se puede concluir que las deflexiones máximas en la avenida Jesús de Nazareth son: carril izquierdo:0.887mm y del carril derecho:0.84mm y en la avenida Mansiche son: carril izquierdo:0.893mm y del carril derecho:0.846mm.
- Se concluye que las deflexiones características y los radios de curvatura en la avenida Jesús de Nazareth son: carril izquierdo Dc:0.9182mm, Rc:83.8m y 95.60m; carril derecho Dc:0.8705mm, Rc:95.9 m y 111.6m. Así también en la avenida Mansiche son: carril izquierdo Dc:0.9553mm, Rc:83.1m y 110.8m; carril derecho Dc:0.8772mm, Rc:95 m y 95m.
- Se concluye que la situación actual está en el CASO 2 de acuerdo a la clasificación con el manual de carreteras, los radios de curvatura son mayores a 80m, por ende, no presenta una capa débil inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica y al tener una deflexión mayor a la admisible, necesita un refuerzo estructural de la carpeta asfáltica.
- Determinamos un diseño de refuerzo con mezcla asfáltica en caliente, para ambos carriles; en ambos tramos, de 4cm. Se realizó el diseño considerando lo establecido en el catálogo propuesto por el manual de carreteras
- Para la realización de los planos se consideró el cálculo de los espesores ya obtenidos y el diseño de secciones en cada punto donde se realizó el ensayo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se debe hacer más seguido un análisis de evaluación estructural, debido a que en muchos casos esto ahorra tiempo y dinero con un proyecto de tratamiento superficial o reforzar de la capa de rodadura mas no una reconstrucción del paquete estructural.
- Recomendamos que se debe mantener activo el mantenimiento rutinario de las vías, porque esto aumenta o garantiza el tiempo de vida útil con el que fue proyectado.
- Se recomienda que se debe realizar un tratamiento superficial antes de aplicar el reforzamiento de la carpeta asfáltica.
- En el ensayo de la viga benkelman, tener presente siempre las pautas de la norma, las restricciones de temperatura y los casos en que la viga este siendo afectada por el camión.
- Así mismo, se indica que se debe tener en cuenta más sobre la metodología de viga Benkelman, ya que no todos tienen conocimiento de esto o como aplicarlo para saber cómo va la condición de ciertos pavimentos.
- Obtener un PCI promedio solo es para una visión general de la vía, lo más adecuado es un análisis de forma individual los PCI por tramos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Obregón Biosca, S. (2018). *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el “Eix Transversal de Catalunya” y la carretera MEX120 en México* [Tesis doctoral, Universidad politécnica de cataluña].
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Norma técnica para la identificación y estimación de los costos de mantenimiento de inversiones*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras suelo geología, geotecnia y pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Lima, Perú.
- Carrasco, S. & Vizhñay Reyes, C. (2019). *Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkelman* [Tesis de titulación, Universidad de cuenca]. Repositorio de la Universidad de cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33520/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf>
- Zago Nery, c. & Goulart dos Santos, A. (2021). *Structural evaluation of pavements applying the MeDiNa Method and FWD and Benkelman beam deflection measurements*. Revista transportes. <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/download/2502/919/12485>
- Balarezo, J. (2018). *Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento* [Tesis Titulación, Universidad de Piura]. Repositorio institucional de la Universidad de Piura <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3135>
- Bonifacio, J. (2022). *Evaluación de la capacidad estructural del pavimento flexible de la carretera Atuncolla-Complejo Arqueológico Sillustani-2020*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18354>
- Dávalos Quispe, C. & Fernández Días, J. (2022). *Diagnóstico del estado de conservación del pavimento flexible y propuesta del diseño de reforzamiento en tratamiento superficial para la Av. América Oeste, Trujillo, La Libertad*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7689>

- Escobedo Ribio, J. & Herrera Aguilar, D. (2018). *Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento panamericana norte km 578 al km 583, utilizando la viga de benkelman*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5879>
- Mendez Garcia, E. & Amasifuen Caro, J. (2020). *Evaluación estructural de pavimento de la carretera Iquitos – nauta con viga benkelman, tramo KM 16+300 – km 17+800*. [Tesis de Titulación, Universidad Científica del Perú]. Repositorio UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1174/STEPHANIE%20DE%20SSIRE%20MENDEZ%20GARCIA%20Y%20JORGE%20CARLOS%20AMASIFUEN%20CARO%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cubas (2017). Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman, Trujillo: Universidad Privada Del Norte.

ANEXOS

Anexo 1

PROGRESIVA INICIAL: AV. JESUS DE NAZARET CON AV. JUAN PABLO II



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2

INTERSECCIÓN DE AV. JESÚS DE NAZARET Y MANSICHE

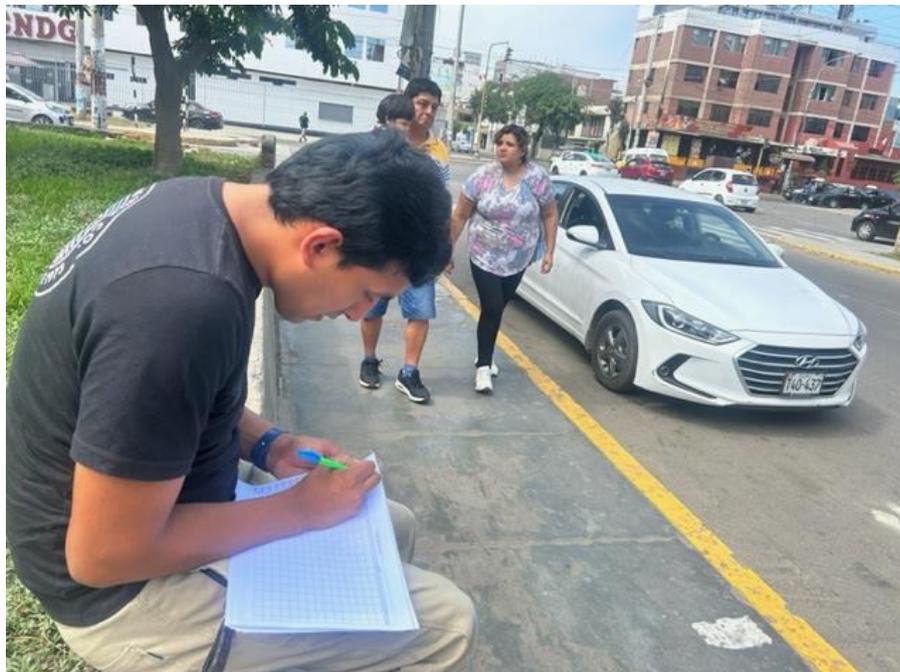


Fuente:

Elaboración Propia

Anexo 3**PROGRESIVA FINAL: ENTRADA AL COMPLEJO ARQUEOLOGICO
CHAN CHAN**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4**CONTEO DE VEHICULOS: PROGRESIVA (CI) 1+100**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5**CONTEO DE VEHICULOS: PROGRESIVA (CD) 1+100**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6**CONTEO DE VEHICULOS: PROGRESIVA 2+500**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7**CONTEO DE VEHICULOS: PROGRESIVA 3+300**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8**CONTEO DE VEHICULOS: PROGRESIVA 3+600**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS LUNES:06/02/2023 CD

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTECOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|---|---------------|----------------------------|-----|-------------|----|-------|----|--------|----|-----------|----|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | | | |
| Av. Jesus de Nazareth. | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 06/02/23 | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | | | |
| | Automóvil | | Station Wagon | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| | CI | CD | | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 665 | | 27 | | 43 | | 5 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 |
| 08:00 am - 09:00 am | 562 | | 22 | | 37 | | 4 | | 1 | | 1 | | 2 | | 1 |
| 09:00 am - 10:00 am | 467 | | 19 | | 30 | | 4 | | 0 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 472 | | 19 | | 31 | | 4 | | 1 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 11:00 am - 12:00 pm | 571 | | 23 | | 37 | | 4 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 250 | | 30 | | 47 | | 6 | | 1 | | 2 | | 2 | | 1 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 205 | | 8 | | 47 | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 107 | | 4 | | 13 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 98 | | 4 | | 8 | | 3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 249 | | 10 | | 13 | | 1 | | 0 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 386 | | 15 | | 31 | | 3 | | 0 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 593 | | 24 | | 43 | | 5 | | 0 | | 1 | | 1 | | 1 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 614 | | 28 | | 41 | | 5 | | 1 | | 2 | | 2 | | 1 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 600 | | 26 | | 48 | | 5 | | 1 | | 2 | | 2 | | 1 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 667 | | 27 | | 48 | | 5 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 486 | | 19 | | 32 | | 4 | | 1 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 400 | | 16 | | 26 | | 3 | | 0 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 88 | | 4 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 78 | | 3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 50 | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 299 | | 12 | | 24 | | 2 | | 0 | | 1 | | 1 | | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 623 | | 25 | | 41 | | 5 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 |
| SUB TOTAL | 9222 | | 369 | | 599 | | 71 | | 10 | | 20 | | 20 | | 20 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS LUNES:06/02/2023 CI

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTECOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|---|---------------|----------------------------|----|-------------|----|-------|----|--------|----|-----------|----|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | | | |
| Av. Jesus de Nazareth. | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 06/02/23 | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | | | | | | | | | | | | |
| | Automóvil | | Station Wagon | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| | CI | CD | | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 623 | | | 25 | | 46 | | 7 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 08:00 am - 09:00 am | 526 | | | 21 | | 43 | | 3 | | 0 | | 2 | | 0 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 439 | | | 18 | | 31 | | 4 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 10:00 am - 11:00 am | 442 | | | 18 | | 25 | | 4 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 11:00 am - 12:00 pm | 534 | | | 22 | | 39 | | 3 | | 2 | | 2 | | 0 | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 702 | | | 28 | | 49 | | 6 | | 1 | | 2 | | 0 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 196 | | | 8 | | 18 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 101 | | | 5 | | 7 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 92 | | | 5 | | 6 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 33 | | | 9 | | 16 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 362 | | | 15 | | 25 | | 3 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 355 | | | 22 | | 39 | | 5 | | 0 | | 1 | | 1 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 650 | | | 26 | | 50 | | 5 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 618 | | | 25 | | 40 | | 5 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 625 | | | 25 | | 43 | | 5 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 455 | | | 18 | | 37 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 374 | | | 18 | | 23 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 87 | | | 3 | | 0 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 01:00 am - 02:00 am | 43 | | | 3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 02:00 am - 03:00 am | 48 | | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 am - 04:00 am | 25 | | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 am - 05:00 am | 23 | | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 05:00 am - 06:00 am | 280 | | | 17 | | 20 | | 2 | | 0 | | 1 | | 1 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 383 | | | 24 | | 44 | | 6 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| SUB TOTAL | 8634 | | | 350 | | 601 | | 69 | | 7 | | 25 | | 27 | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS MIERCOLES:08/02/2023 CD

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---|---------------------------|------------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | |
| Av. Jesus de Nazaret | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 08/02/2023 | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | 2023/10/18 | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | Camioneta (Pikup / Panel) | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 635 | 23 | | 44 | | 8 | | | | | | | |
| 08:00 am - 09:00 am | 537 | 19 | | 38 | | 6 | | 1 | | 1 | | 2 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 458 | 16 | | 31 | | 5 | | | | | | | |
| 10:00 am - 11:00 am | 451 | 16 | | 32 | | | | 0 | | 1 | | | |
| 11:00 am - 12:00 am | 545 | 20 | | 38 | | 6 | | 0 | | 1 | | | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 716 | 26 | | 45 | | 6 | | 0 | | 2 | | 2 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 214 | 7 | | 14 | | 2 | | 1 | | 0 | | 0 | |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 103 | 4 | | 8 | | 2 | | 1 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 03 | | | 10 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 237 | 9 | | 14 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 367 | 13 | | 32 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 586 | 20 | | 45 | | 6 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 663 | 24 | | 45 | | 7 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 680 | 24 | | 46 | | 7 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 637 | 23 | | 48 | | 7 | | 1 | | 1 | | 0 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 464 | 7 | | 32 | | 5 | | 1 | | 1 | | 0 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 382 | 14 | | 27 | | 4 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 74 | 5 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 01:00 am - 02:00 am | 74 | 3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 02:00 am - 03:00 am | 48 | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 am - 04:00 am | 25 | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 am - 05:00 am | 24 | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 05:00 am - 06:00 am | 286 | 10 | | 24 | | 3 | | 1 | | 1 | | 0 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 595 | 20 | | 43 | | 6 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| SUB TOTAL | 8806 | 318 | | 616 | | 93 | | 10 | | 20 | | 8 | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS MIERCOLES:08/02/2023 CI

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---|---------------------------|------------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | |
| Av. Jesus de Nazaret | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 08/02/2023 | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC1 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | 2023/10/18 | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | Camioneta (Pikup / Panel) | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión 3E | |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD |
| 07:00 am - 08:00 am | 652 | | 22 | 48 | | 8 | | 7 | | | | 1 | |
| 08:00 am - 09:00 am | 552 | | 18 | 47 | | 5 | | 1 | | | | 1 | |
| 09:00 am - 10:00 am | 460 | | 15 | 31 | | 2 | | 0 | | | | | |
| 10:00 am - 11:00 am | 464 | | 15 | 26 | | 4 | | 0 | | | | | |
| 11:00 am - 12:00 pm | 580 | | 14 | 40 | | 5 | | 0 | | | | | |
| 12:00 am - 01:00 pm | 736 | | 24 | 50 | | 6 | | 1 | | 2 | | 2 | |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 199 | | 7 | 16 | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 105 | | 5 | 7 | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 46 | | 8 | 7 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 245 | | 8 | 17 | | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 379 | | 13 | 26 | | 5 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 571 | | 14 | 40 | | 6 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 681 | | 23 | 50 | | 7 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 647 | | 23 | 47 | | 6 | | 1 | | 2 | | 1 | |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 655 | | 23 | 45 | | 5 | | 1 | | 1 | | 0 | |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 478 | | 16 | 39 | | 4 | | 0 | | 2 | | 0 | |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 392 | | 13 | 24 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 12:00 pm - 01:00 am | 86 | | 3 | 3 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 01:00 am - 02:00 am | 77 | | 3 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 02:00 am - 03:00 am | 40 | | 2 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 03:00 am - 04:00 am | 26 | | 1 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 04:00 am - 05:00 am | 24 | | 1 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 05:00 am - 06:00 am | 294 | | 6 | 20 | | 2 | | 0 | | 1 | | 0 | |
| 06:00 am - 07:00 am | 611 | | 19 | 45 | | 5 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| SUB TOTAL | 9049 | | 301 | 618 | | 77 | | 10 | | 20 | | 8 | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS SABADO:11/02/2023 CD

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|---|----|----------------------------|----|-------------|----|-------|----|--------|----|-----------|----|--------|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | | |
| Av. Mansiche | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 11/02/23 | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC2 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | 2023/10/1 | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI |
| 07:00 am - 08:00 am | 678 | | 27 | | | 47 | | | | 1 | | | | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 573 | | 23 | | | 40 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 478 | | 14 | | | 33 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 472 | | 14 | | | 33 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 582 | | 23 | | | 40 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 765 | | 31 | | | 50 | | | | 1 | | 1 | | 0 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 207 | | 8 | | | 14 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 110 | | 4 | | | 14 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 100 | | 4 | | | 10 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 256 | | 10 | | | 12 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 394 | | 16 | | | 32 | | | | 1 | | 1 | | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 604 | | 24 | | | 47 | | | | 1 | | 1 | | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 708 | | 24 | | | 48 | | | | 1 | | 2 | | 1 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 673 | | 27 | | | 48 | | | | 1 | | 2 | | 1 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 680 | | 27 | | | 53 | | | | 0 | | 1 | | 1 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 496 | | 28 | | | 33 | | | | 0 | | 1 | | 1 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 408 | | 16 | | | 27 | | | | 0 | | 1 | | 1 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 89 | | 4 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 80 | | 4 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 81 | | 2 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | | 1 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | | 1 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 305 | | 12 | | | 25 | | | | 1 | | 0 | | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 635 | | 28 | | | 45 | | | | 1 | | 1 | | 1 |
| SUB TOTAL | 9406 | | | | | 679 | | | | 8 | | 18 | | 17 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14

FORMATOS DE CONTEO DE VEHICULOS SABADO:11/02/2023 CI

| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|---|----|----------------------------|----|-------------|----|-------|----|--------|----|-----------|----|--------|
| TRAMO DE CARRETERA: | | AFORADOR | | FECHA DE CONTEO: | | | | | | | | | | |
| Av. Mansiche | | Carril Izquierdo: De la Cruz Gómez Miguel | | 11/02/23 | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: PC2 | | Carril Derecho: Huamán Bazán Jefferson Joel | | 2023/10/1 | | | | | | | | | | |
| Automóvil | | Station Wagon | | Camioneta (Pickup / Panel) | | Combi Rural | | Micro | | Bus 3E | | Camión 2E | | Camión |
| CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI | CD | CI |
| 07:00 am - 08:00 am | 674 | | 30 | | | 49 | | | | 1 | | | | 2 |
| 08:00 am - 09:00 am | 570 | | 25 | | | 45 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 09:00 am - 10:00 am | 475 | | 21 | | | 33 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 10:00 am - 11:00 am | 479 | | 21 | | | 37 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 11:00 am - 12:00 am | 578 | | 25 | | | 51 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 12:00 am - 01:00 pm | 761 | | 33 | | | 52 | | | | 1 | | 2 | | 0 |
| 01:00 pm - 02:00 pm | 206 | | 9 | | | 16 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 pm - 03:00 pm | 109 | | 5 | | | 16 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 pm - 04:00 pm | 99 | | 5 | | | 17 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 pm - 05:00 pm | 253 | | 11 | | | 17 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 05:00 pm - 06:00 pm | 392 | | 17 | | | 27 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 06:00 pm - 07:00 pm | 601 | | 26 | | | 43 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 07:00 pm - 08:00 pm | 704 | | 35 | | | 52 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 08:00 pm - 09:00 pm | 669 | | 30 | | | 53 | | | | 0 | | 2 | | 0 |
| 09:00 pm - 10:00 pm | 676 | | 30 | | | 46 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 10:00 pm - 11:00 pm | 492 | | 23 | | | 40 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 11:00 pm - 12:00 pm | 405 | | 18 | | | 28 | | | | 0 | | 1 | | 0 |
| 12:00 pm - 01:00 am | 29 | | 4 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 01:00 am - 02:00 am | 24 | | 3 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 02:00 am - 03:00 am | 21 | | 2 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 03:00 am - 04:00 am | 27 | | 1 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 04:00 am - 05:00 am | 25 | | 1 | | | 0 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| 05:00 am - 06:00 am | 303 | | 12 | | | 46 | | | | 1 | | 1 | | 0 |
| 06:00 am - 07:00 am | 621 | | 27 | | | 46 | | | | 1 | | 1 | | 0 |
| SUB TOTAL | 9348 | | | | | 688 | | | | 7 | | 6 | | 10 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15

FALLAS PARCHES



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16

FALLAS PARCHES



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17**FALLAS PIEL COCODRILLO**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18**FALLAS BACHE**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19**FALLAS DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20**FALLAS GRIETAS**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21**FALLAS AHUELLAMIENTOS**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22**FALLA BACHE**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 23**FALLA GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSALES**

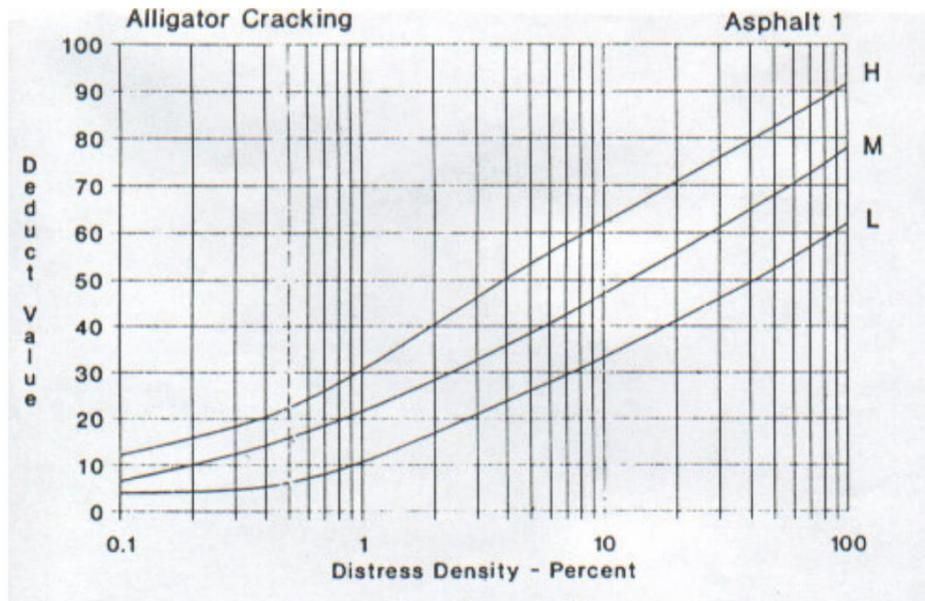
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 24**FALLA GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 25

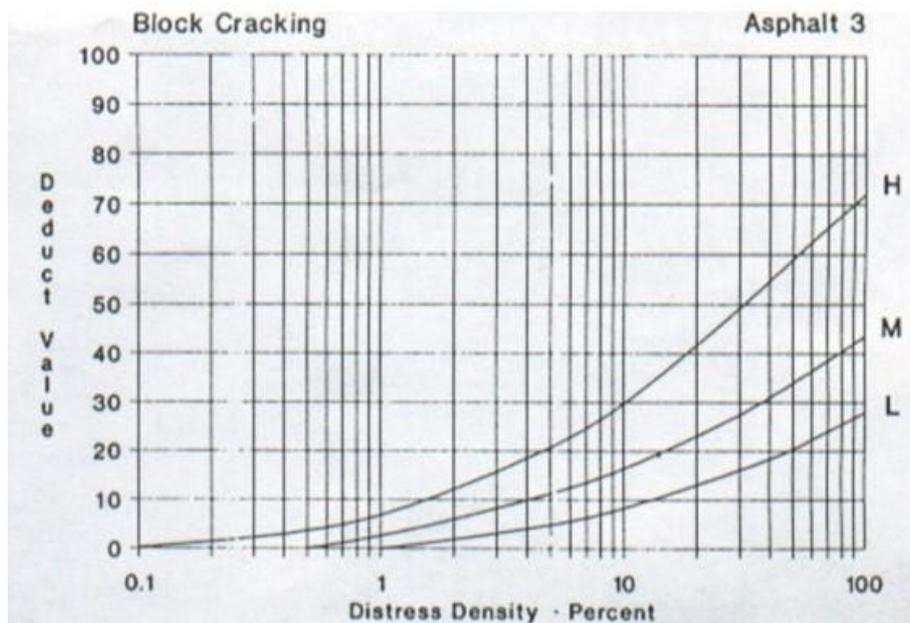
ABACO DE VD DE FALLA: PIEL DE COCODRILLO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 26

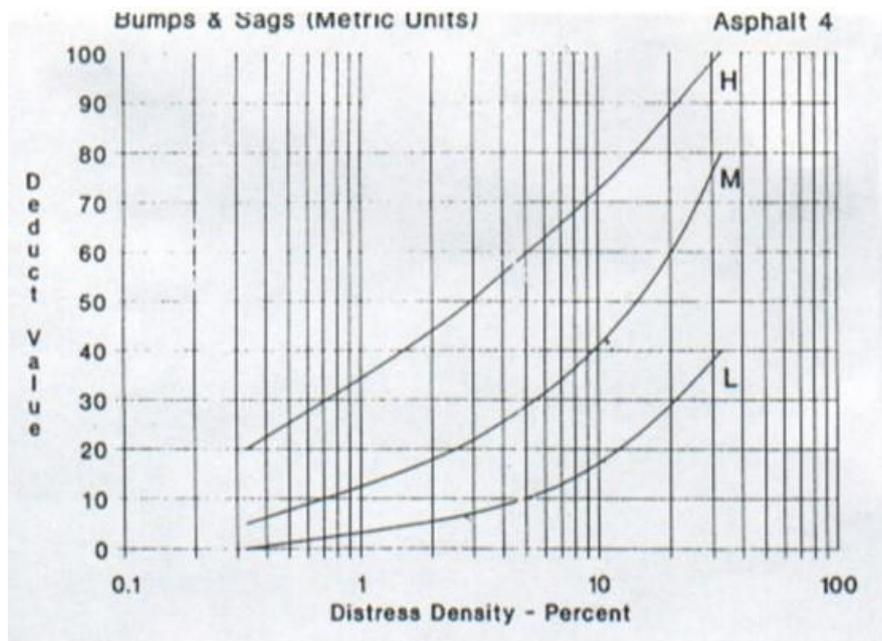
ABACO DE VD DE FALLA: AGRIETAMIENTO DE BLOQUE



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 27

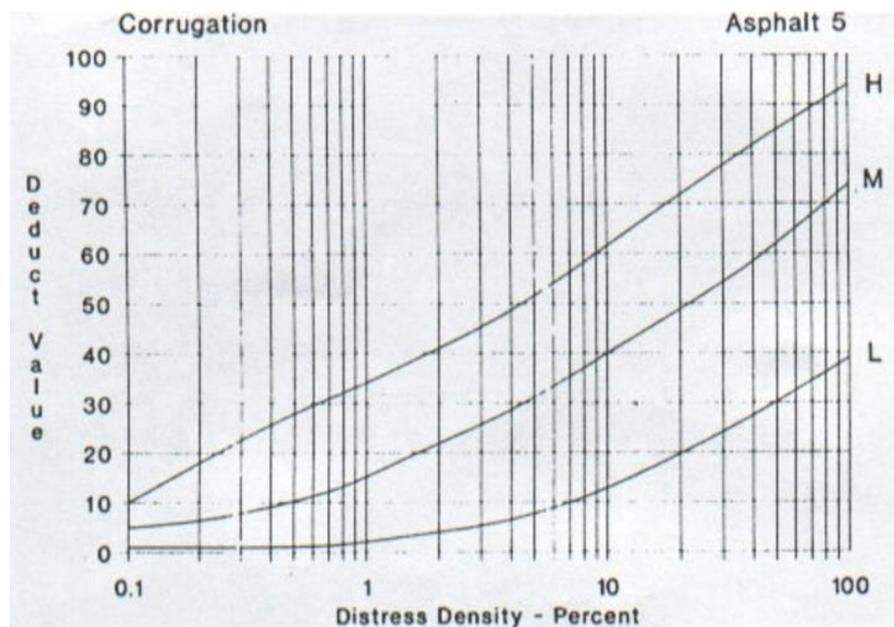
ABACO DE VD DE FALLA: ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 28

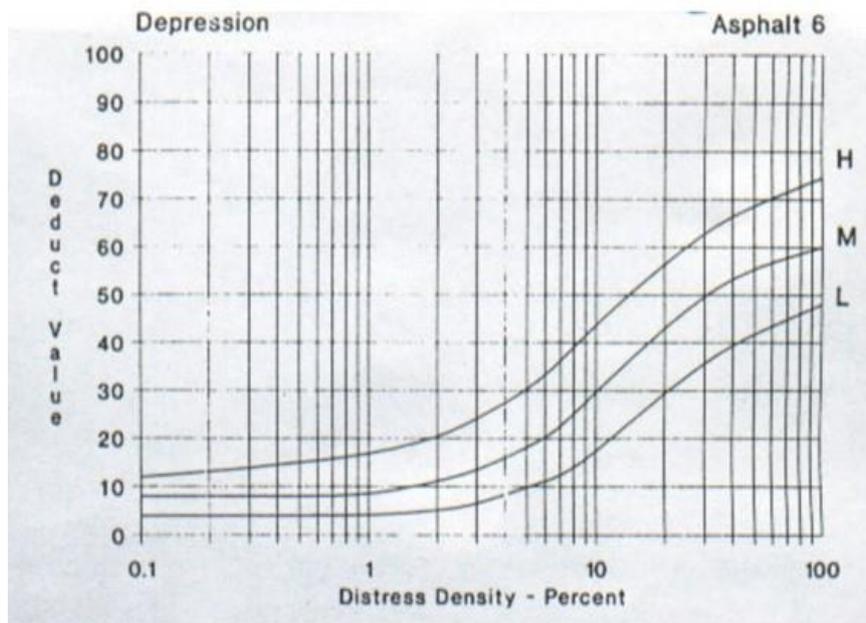
ABACO DE VD DE FALLA: CORRUGACION



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 29

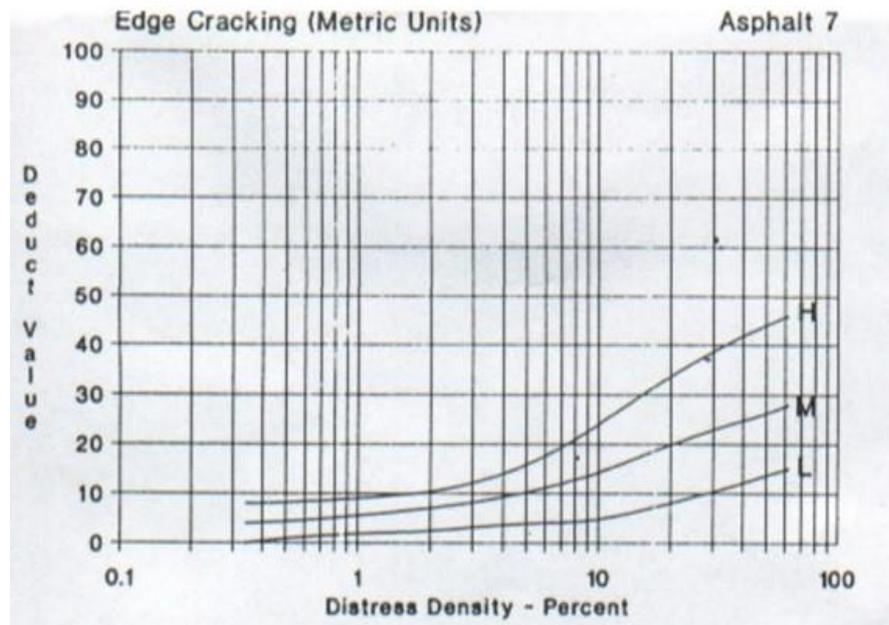
ABACO DE VD DE FALLA: DEPRESIÓN



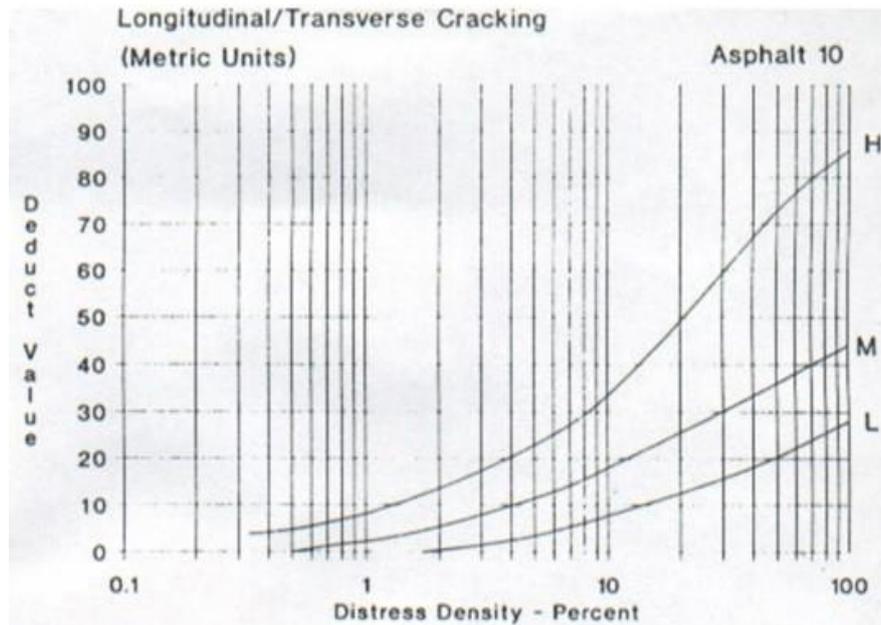
Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 30

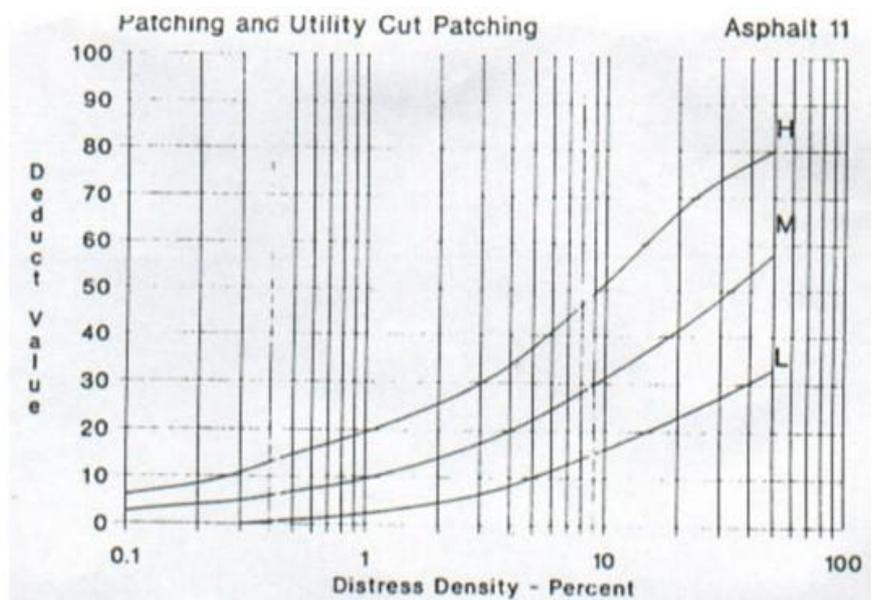
ABACO DE VD DE FALLA: GRIETA DE BORDE



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 31**ABACO DE VD DE FALLA: AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**

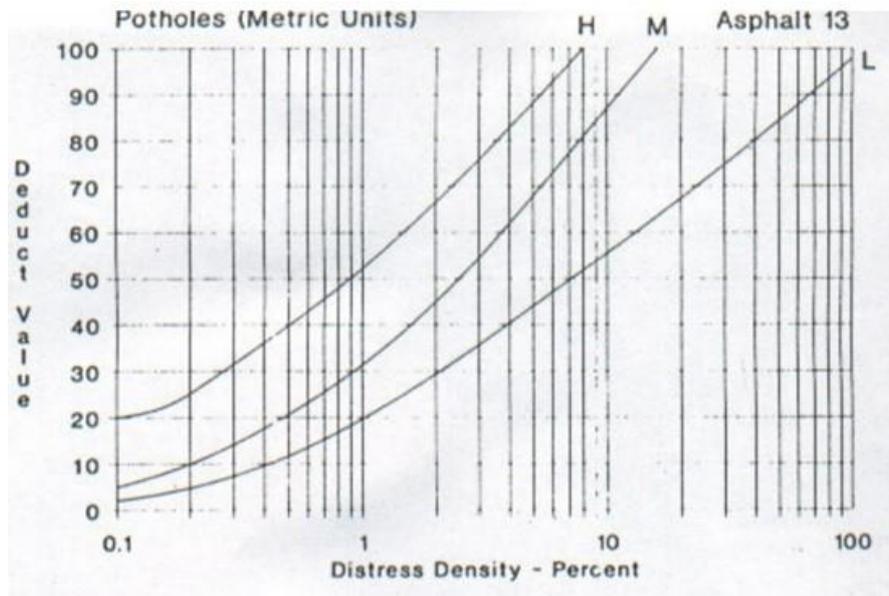
Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 32**ABACO DE VD DE FALLA: PARCHES**

Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 33

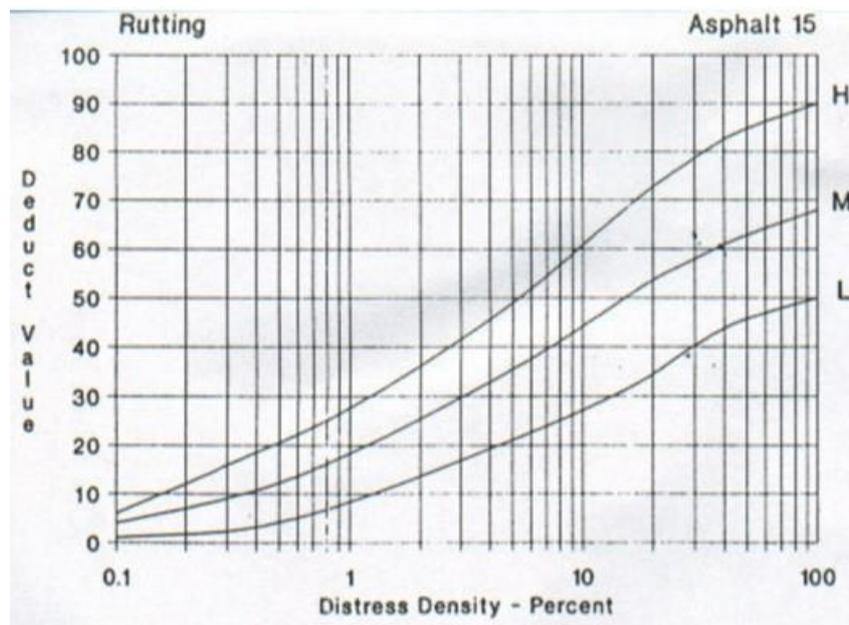
ABACO DE VD DE FALLA: BACHES



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 34

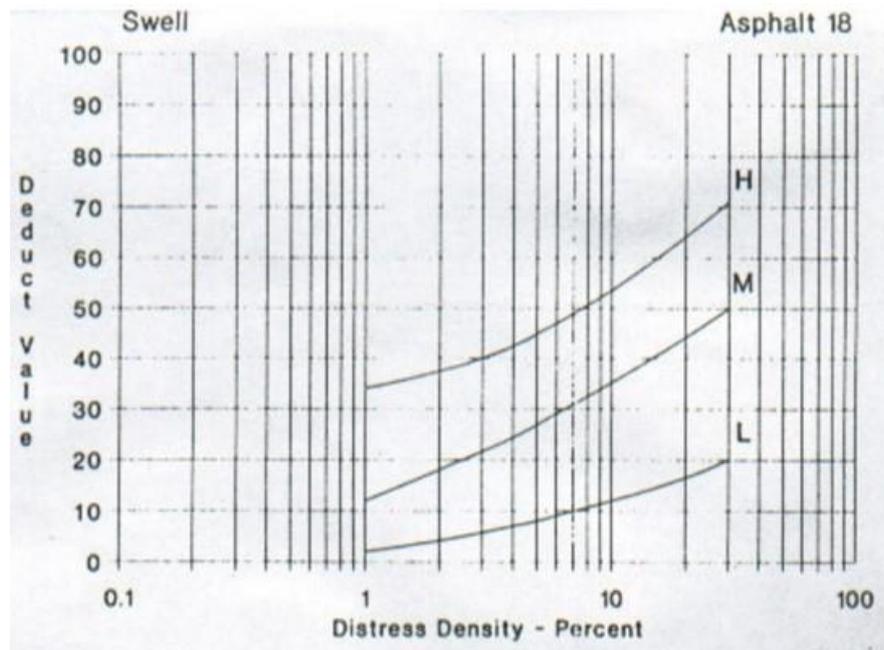
ABACO DE VD DE FALLA: AHUELLAMIENTO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 35

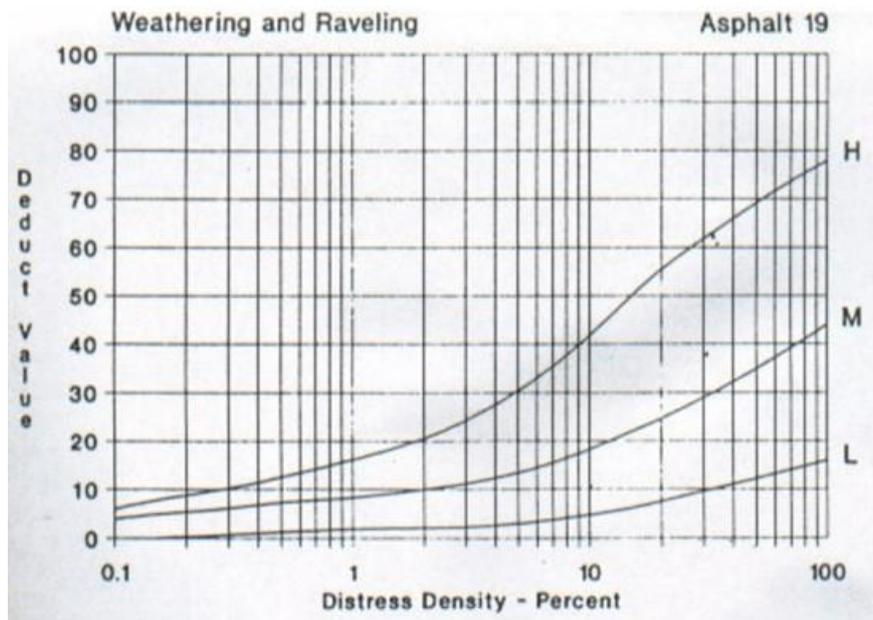
ABACO DE VD DE FALLA: HINCHAMIENTO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 36

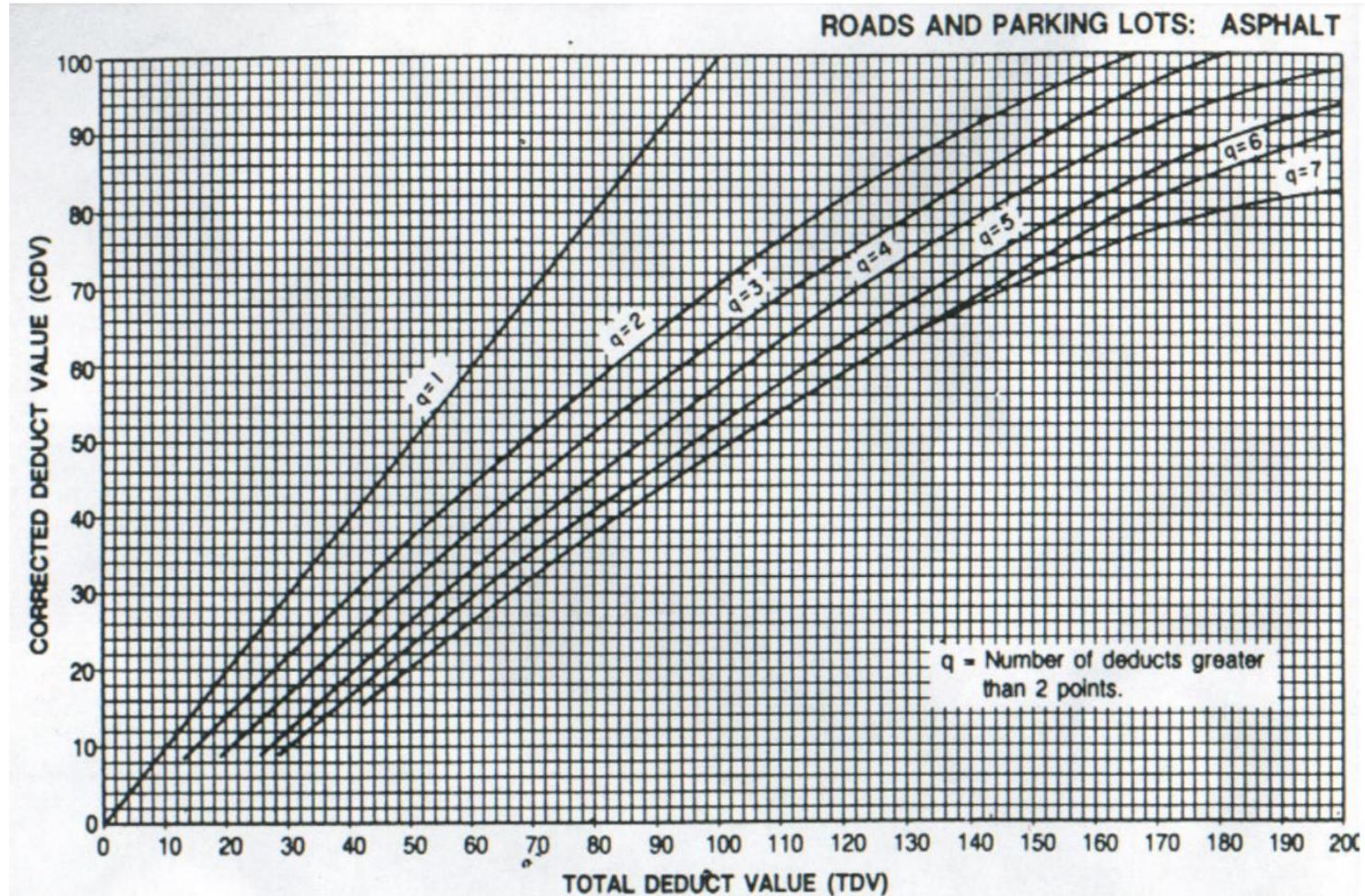
ABACO DE VD DE FALLA: DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 37

ABACO DE VALOR DEDUCIDO TOTAL Y EL NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS ≥ 2 (q)



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

Anexo 38

PESADO DE CAMION



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 39

PESADO DE CAMION



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 40

TICKET DE TARA DE VEHICULO

| | |
|---|-------------------|
| operador: JUDITH AVILA | |
| PESAJE DE ENTRADA | |
| TICKET Nro. 008133 | |
| PLACA | : C7N-918 |
| PRODUCTO | : [AGE] AGREGADOS |
| CONDUCTOR | : |
| RUC | : T006857 |
| RAZON SOCIAL | : MIGUEL DELACRUZ |
| CONSIGNATARIO: | |
| ORIGEN | : |
| DESTINO | : |
| Tarifa | : S/. 15,00 |
| ENTRADA: 8,190 Kg. | |
| 02-feb-23 09:24 | |
| Operador : J. HOYOS | |
| ¡QUE DIOS TE BENDIGA! RECUERDA DIOS TE AMA (JUAN 3:16-17) | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 41

EQUIPO UTILIZADO: VIGA BENKELMAN



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 42

ENSAYO EN AVENIDA JESUS DE NAZARETH - CD: KM 1+100



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 43

ENSAYO EN AVENIDA JESUS DE NAZARETH - CI: KM 1+100



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 44

ENSAYO EN AVENIDA JESUS DE NAZARETH - CD: KM 2+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 45

ENSAYO EN AVENIDA JESUS DE NAZARETH - CD: KM 2+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 46

ENSAYO EN AVENIDA MANSICHE - CI: KM 3+300



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 47

ENSAYO EN AVENIDA MANSICHE- CD: KM 3+300



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 48

ENSAYO EN AVENIDA MANSICHE - CI: KM 3+600



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 49

ENSAYO EN AVENIDA MANSICHE - CD: KM 3+600



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 50

VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | CAPA SUPERFICIAL | BASE GRANULAR |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|--|---------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: | 150 mm |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: | 150 mm |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm | 150 mm |
| | T _{P4} | 750,001 | 1,000,000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm | 200 mm |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm | 200 mm |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200 mm |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200 mm |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm | 250 mm |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm | 250 mm |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm | 250 mm |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm | 250 mm |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm | 250 mm |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300 mm |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300 mm |

Fuente: En base a la data de la Guía AASHTO93

Anexo 51

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENTRE LA DEFLEXION CARACTERISTICA Y LA DEFLEXION ADMISIBLE

| PRIMER PASO | SEGUNDO PASO | TERCER PASO | CUARTO PASO | CASOS | |
|---|--|---|--|--|--|
| 1º La deflexión característica resulta: | SUPERIOR 2º Hay fallas de origen estructural? | NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto | | PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto | |
| | | Sí: 3º Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas? | NO: Las fallas se deben a otra causas | SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias | |
| | | | Sí: Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80m) | TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil. | |
| | IGUAL O INFERIOR 2º Hay fallas de origen estructural? | NO: Corregir fallas de origen superficial | | | |
| | | Sí: 3º De qué tipo? | Fallas por fatiga (piel de cocodrilo) Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas | | TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles |
| | | | Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc | | CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes. |

Fuente: Manual de carreteras, suelos geológicos, geotecnia y pavimento 2014