

**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

<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>7%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

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

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 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 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 17 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 18 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 19 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 20 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 21 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 22 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 23 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
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 (CO<sub>2</sub>) y Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

**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 “ $49.38 \times 10^{-2}$  mm” que surgió tener una deflexión admisible menor de “ $104.75 \times 10^{-2}$  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
<b>1 calzada (para IMDa total de la calzada)</b>	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
<b>2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)</b>	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/plg<sup>2</sup>. 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**

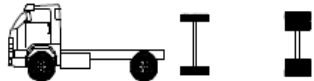



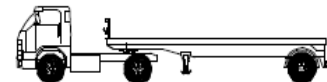
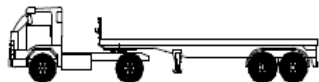
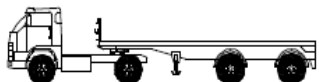
#### FORMULAS SEGÚN LOS EJES DEL VEHICULO

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

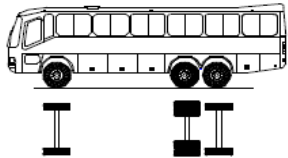
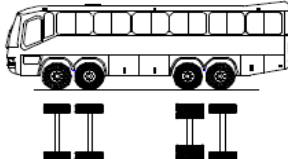
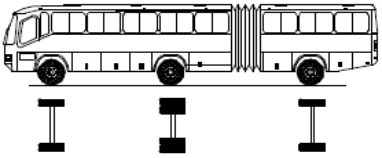


**Tabla 3***Pesos de vehículos*

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/plg<sup>2</sup>, 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

$$* EE_{dia-carril} = IMD_f * Fd * Fc * Fvp * Fp$$

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

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

##### Ecuación 4

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

F<sub>ca</sub>= 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*

<b>TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE</b>	<b>Tp0</b>	<b>Tp1</b>	<b>Tp2</b>	<b>Tp3</b>
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
<b>TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE</b>	<b>Tp4</b>	<b>Tp5</b>	<b>Tp6</b>	<b>Tp7</b>
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
<b>TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE</b>	<b>Tp8</b>	<b>Tp9</b>	<b>Tp10</b>	<b>Tp11</b>
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
<b>TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE</b>	<b>Tp12</b>	<b>Tp13</b>	<b>Tp14</b>	<b>Tp15</b>
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 <sup>2</sup>	Grietas muy finas longitudinales y capilares	Grietas descascaradas (interconectadas)	Red de grietas que están bien definidas y descascarados
2	Agrietamiento en bloque	AB	m <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	H = 6 - 13 mm	H > 13 - 25 mm	H > 25 mm
11	Desprendimiento de agregados	DA	m <sup>2</sup>	Reciente desprendimiento	Superficie rugosa e hundimientos	Superficie muy rugosa y severamente ahuecada
12	Hinchamiento	H	m <sup>2</sup>	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  $\pm 5$  (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%)

$\sigma$ = 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):**

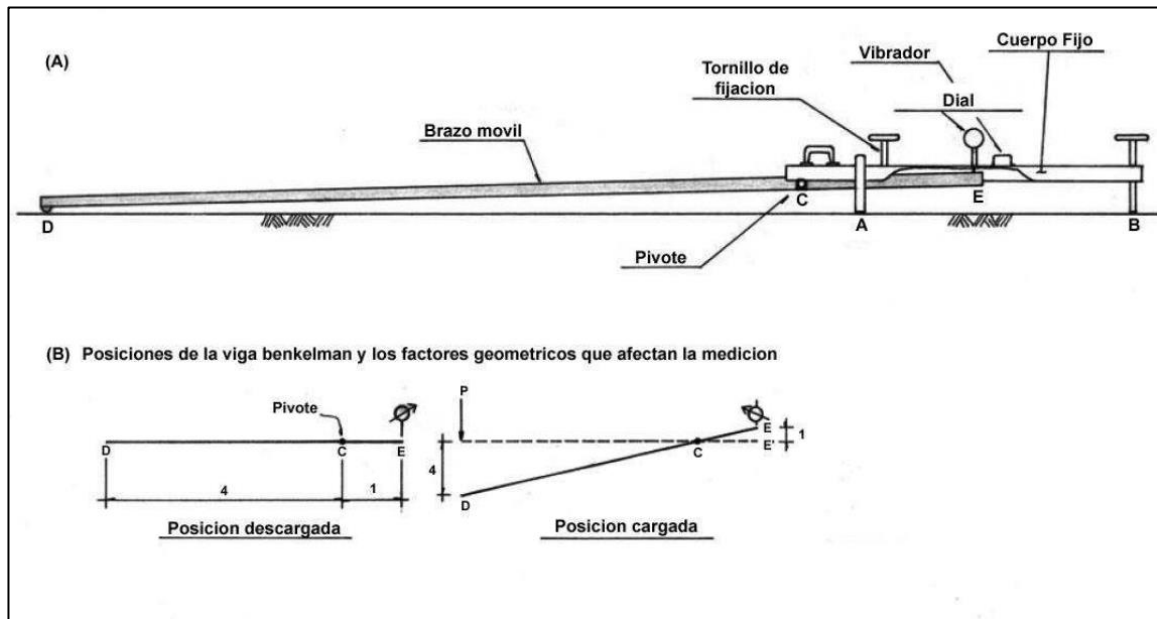
Conforme a el manual de ensayo de materiales, se deberá utilizar una **viga Benkelman** de dos brazos con su correspondiente escala de registro (0,01 mm y 12 mm de recorrido) y las dimensiones básicas siguientes:

- 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/cm<sup>2</sup> (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	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:**

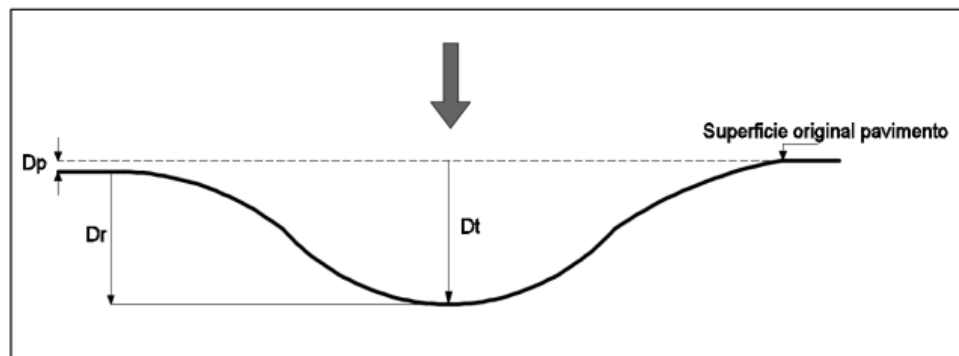
✓ **Deformación Total (DT):** se refiere a la deformación vertical bajo la acción de una carga vehicular.

✓ **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:

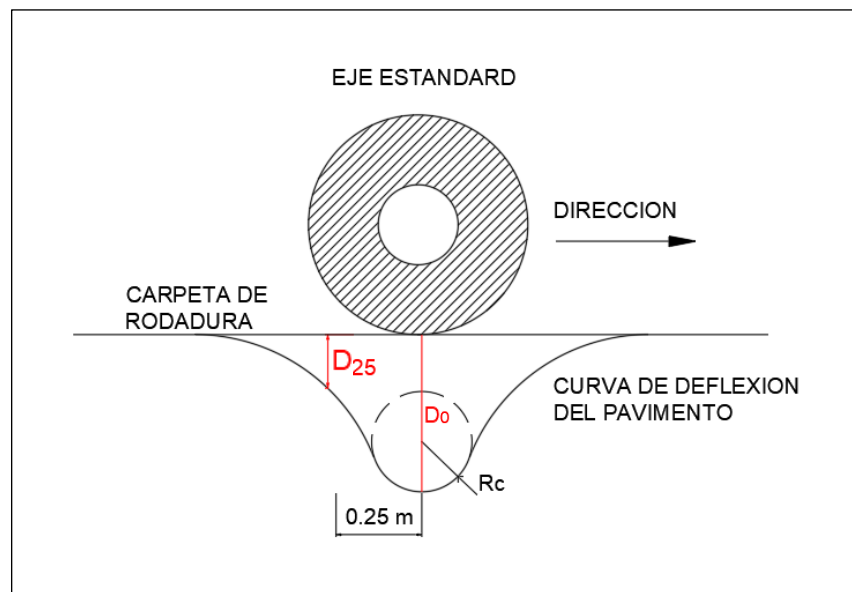
$L_{25}$  = lectura registrada en el dial a 25cm.

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 $\leq 200$ 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 ( $\sigma$ ), 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 ( $\leq 80$ 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							
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							
180 - 200							

*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 CONREVAL	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*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento de recolección de datos</b>
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				
Avenida Jesús de Nazaret		Carril Izquierdo:				De la Cruz Gómez Miguel				06/ 02/ 23				
ESTACIÓN: PC1		Carril Derecho:				Huamán Bazán Jefferson Joel				CONTEO:				
	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
07:00 am - 08:00 am	665	623	27	25	43	46	5	7	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	1
02:00 pm - 03:00 pm	107	101	4	5	8	7	1	1	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
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
01:00 am - 02:00 am	78	73	3	3	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
03:00 am - 04:00 am	27	25	1	1	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
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
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9222</b>	<b>8634</b>	<b>369</b>	<b>350</b>	<b>599</b>	<b>601</b>	<b>71</b>	<b>69</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
<b>TOTAL</b>	<b>17856</b>		<b>719</b>		<b>1200</b>		<b>140</b>		<b>17</b>		<b>17</b>		<b>45</b>	

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
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9493</b>	<b>9658</b>	<b>349</b>	<b>366</b>	<b>651</b>	<b>647</b>	<b>73</b>	<b>57</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>19151</b>			<b>715</b>		<b>1298</b>		<b>130</b>		<b>12</b>		<b>80</b>		<b>13</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

## CONTEO DE VEHICULOS DIA MIERCOLES

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO															
TRAMO DE CARRETERA:		AFORADOR		Carril Izquierdo:		De la Cruz Gómez Miguel		FECHA		08/ 02/ 23		CONTEO:			
Avenida Jesús de Nazaret		Carril Derecho:		Huamán Bazán Jefferson Joel											
ESTACIÓN: PC1															
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	
<b>SUB TOTAL</b>	<b>8806</b>	<b>9049</b>	<b>318</b>	<b>301</b>	<b>616</b>	<b>618</b>	<b>93</b>	<b>77</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>17855</b>		<b>619</b>		<b>1234</b>		<b>170</b>		<b>20</b>		<b>40</b>		<b>16</b>		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19****CONTEO DE VEHICULOS DIA JUEVES**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO															
TRAMO DE CARRETERA:		AFORADOR		FECHA											
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
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9327</b>	<b>9535</b>	<b>363</b>	<b>356</b>	<b>637</b>	<b>596</b>	<b>78</b>	<b>62</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>18862</b>			<b>719</b>		<b>1233</b>		<b>140</b>		<b>18</b>		<b>50</b>		<b>14</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

## CONTEO DE VEHICULOS DIA VIERNES

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO															
TRAMO DE CARRETERA:		AFORADOR		FECHA		10/		02/		23					
Avenida Mansiche		Carril Izquierdo:		De la Cruz Gómez Miguel		CONTEO:									
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	657	633	24	27	47	49	5	6	1	1	1	2	2	2	2
08:00 am - 09:00 am	556	535	20	23	39	45	4	3	1	0	2	2	1	0	0
09:00 am - 10:00 am	464	446	17	19	33	32	3	3	0	0	1	2	0	0	0
10:00 am - 11:00 am	467	449	17	19	33	26	3	3	0	0	1	0	0	0	0
11:00 am - 12:00 am	564	543	20	23	40	41	4	4	0	0	1	1	1	0	0
12:00 am - 01:00 pm	742	714	27	30	50	51	5	5	1	1	1	3	1	2	2
01:00 pm - 02:00 pm	201	193	7	8	14	16	1	1	0	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	0
03:00 pm - 04:00 pm	97	93	3	5	10	7	1	1	0	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	0
05:00 pm - 06:00 pm	382	368	14	16	32	26	3	3	0	0	1	1	0	0	0
06:00 pm - 07:00 pm	586	564	21	24	46	43	4	4	1	0	1	2	0	0	0
07:00 pm - 08:00 pm	686	660	25	29	48	52	5	5	1	1	2	2	1	1	1
08:00 pm - 09:00 pm	652	628	23	26	48	42	4	4	1	1	2	1	1	1	1
09:00 pm - 10:00 pm	660	635	24	27	52	46	3	4	1	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	0
11:00 pm - 12:00 pm	395	380	14	16	28	24	3	0	0	0	1	1	0	0	0
12:00 pm - 01:00 am	87	83	3	4	0	0	0	1	0	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	0
02:00 am - 03:00 am	50	48	2	2	0	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	0
04:00 am - 05:00 am	24	23	1	1	0	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	0
06:00 am - 07:00 am	616	593	21	24	45	46	4	5	1	1	1	1	1	0	0
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9118</b>	<b>8773</b>	<b>328</b>	<b>370</b>	<b>645</b>	<b>632</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>17891</b>		<b>698</b>		<b>1277</b>		<b>120</b>		<b>17</b>		<b>40</b>		<b>16</b>		<b>16</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

## CONTEO DE VEHICULOS DIA SABADO

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO															
TRAMO DE CARRETERA:		AFORADOR		FECHA DE CONTEO:						11/	02/	23			
Avenida Mansiche		Carril Izquierdo:		De la Cruz Gómez Miguel											
ESTACIÓN:		Carril Derecho:		Huamán Bazán Jefferson Joel											
	PC2														
	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	
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9406</b>	<b>9348</b>	<b>378</b>	<b>411</b>	<b>649</b>	<b>638</b>	<b>53</b>	<b>71</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>18754</b>			<b>789</b>		<b>1287</b>		<b>124</b>		<b>14</b>		<b>38</b>		<b>12</b>	

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:		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
<b>SUB TOTAL</b>	<b>9495</b>	<b>9302</b>	<b>327</b>	<b>351</b>	<b>572</b>	<b>585</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>18797</b>				<b>678</b>		<b>1157</b>	<b>130</b>	<b>16</b>		<b>30</b>		<b>15</b>		

Fuente: Elaboración Propia

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

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

*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%
<b>IMD</b>	<b>145310</b>	<b>20762</b>	21689	22906	24193	<b>25554</b>	<b>100%</b>
<b>PORCENTAJE</b>		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 <sub>ED</sub>	Fvp <sub>EP</sub>			Fvp <sub>TOTAL</sub>
		1RO	2DO	3RO	
<b>Vehiculos ligeros</b>					<b>0.0002</b>
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) $EE_{\text{dia-carril}}$ 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 <sub>20</sub>	F <sub>d</sub> *F <sub>c</sub>	F <sub>vp</sub>	F <sub>p</sub>	EE <sub>dia-carril</sub>	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%
<b>TOTAL</b>	<b>25554</b>				<b>225</b>	<b>100%</b>

*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.

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

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

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

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

### 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<sub>p6</sub>

### 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±90m<sup>2</sup> 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*

<b>MUESTRA</b>	<b>PI</b>	<b>PF</b>
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
Und	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%		
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>42</b>			<b>13</b>	<b>18</b>		<b>28</b>		

*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
<b>VDT</b>	<b>102</b>	<b>92</b>	<b>77</b>	<b>52</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>52</b>

*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				
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%	
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>36</b>	<b>13</b>		<b>35</b>		<b>4</b>	<b>23</b>		<b>19</b>	

*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
<b>VDT</b>	<b>130</b>	<b>128</b>	<b>117</b>	<b>100</b>	<b>79</b>	<b>46</b>
<b>q</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>65</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>57</b>	<b>46</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

*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 N°	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
<b>VDT</b>	<b>100</b>	<b>97</b>	<b>94</b>	<b>86</b>	<b>73</b>	<b>44</b>
<b>q</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>48</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>44</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>16</b>		<b>8</b>		<b>5</b>	
					<b>8</b>	

*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
<b>VDT</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>22</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>42</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>52</b>	<b>49</b>	<b>46</b>
<b>q</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>46</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>		<b>42</b>		<b>5</b>		<b>12</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>59</b>	<b>56</b>	<b>46</b>
<b>q</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>46</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>12</b>		<b>6</b>		<b>30</b>	<b>19</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>53</b>	<b>36</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>36</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

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

✓ **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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>28</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>115</b>	<b>114</b>	<b>105</b>	<b>89</b>	<b>71</b>	<b>45</b>
<b>q</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>57</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>57</b>	<b>54</b>	<b>45</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>11</b>	<b>13</b>		<b>14</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	<b>18</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>71</b>	<b>66</b>	<b>60</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>28</b>
<b>q</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>28</b>

*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%	
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>44</b>		<b>18</b>	

*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
<b>VDT</b>	<b>126</b>	<b>120</b>	<b>104</b>	<b>84</b>	<b>52</b>
<b>q</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>65</b>	<b>68</b>	<b>65</b>	<b>61</b>	<b>52</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>		<b>44</b>			<b>8</b>		<b>30</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>82</b>	<b>76</b>	<b>48</b>
<b>q</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>48</b>

*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%			
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>10</b>		<b>13</b>	<b>43</b>	<b>4</b>			

*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
<b>VDT</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>60</b>	<b>49</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>49</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>26</b>		<b>21</b>		<b>3</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>30</b>
<b>q</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>30</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>6</b>		<b>54</b>		<b>25</b>	<b>35</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>120</b>	<b>116</b>	<b>93</b>	<b>60</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>69</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>60</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>29</b>				<b>7</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>36</b>	<b>31</b>
<b>q</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>26</b>	<b>31</b>

*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%	
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>32</b>		<b>47</b>		<b>4</b>		<b>4</b>	

*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
<b>VDT</b>	<b>87</b>	<b>85</b>	<b>83</b>	<b>53</b>
<b>q</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>53</b>

*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%		
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>50</b>					<b>18</b>		

*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
<b>VDT</b>	<b>68</b>	<b>52</b>
<b>q</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>50</b>	<b>52</b>

*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%
<b>VALOR DEDUCIDO</b>	<b>36</b>		<b>40</b>		<b>23</b>

*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
<b>VDT</b>	<b>99</b>	<b>78</b>	<b>44</b>
<b>q</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>VDC</b>	<b>63</b>	<b>56</b>	<b>44</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

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

**d) Cálculo del  $PCI_{\text{PROMEDIO}}$ :**

Calculamos el  $PCI_{\text{PROMEDIO}}$  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***

<b>ITEM</b>	<b>VALOR</b>	<b>CLASIFICACION ASTM D 6433</b>
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
<b><math>PCI_{\text{promedio}}</math></b>	<b>49</b>	<b>REGULAR</b>

*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  $R_c$*

ESTACION Km	LECTURAS DIAL (0.01mm)					TEMP. °C	ESPESOR e(cm)	Ft	Fe.	DEFLEXIONES CORREGIDAS (0.01mm)					$R_c$ m
	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>250</sub>					D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>250</sub>	
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 ( $\sigma$ ):** 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 <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>250</sub>					D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>250</sub>	
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 ( $\sigma$ ):** 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 <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>250</sub>					D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>250</sub>	
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 ( $\sigma$ ):** 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 <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>250</sub>					D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>250</sub>	
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 ( $\sigma$ ):** 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
<b>Tramo: Avenida Jesús de Nazareth</b>				
Carril Derecho	0.9182	>	0.84	>80
Carril Izquierdo	0.8705	>	0.84	>80
<b>Tramo: Avenida Mansiche</b>				
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:

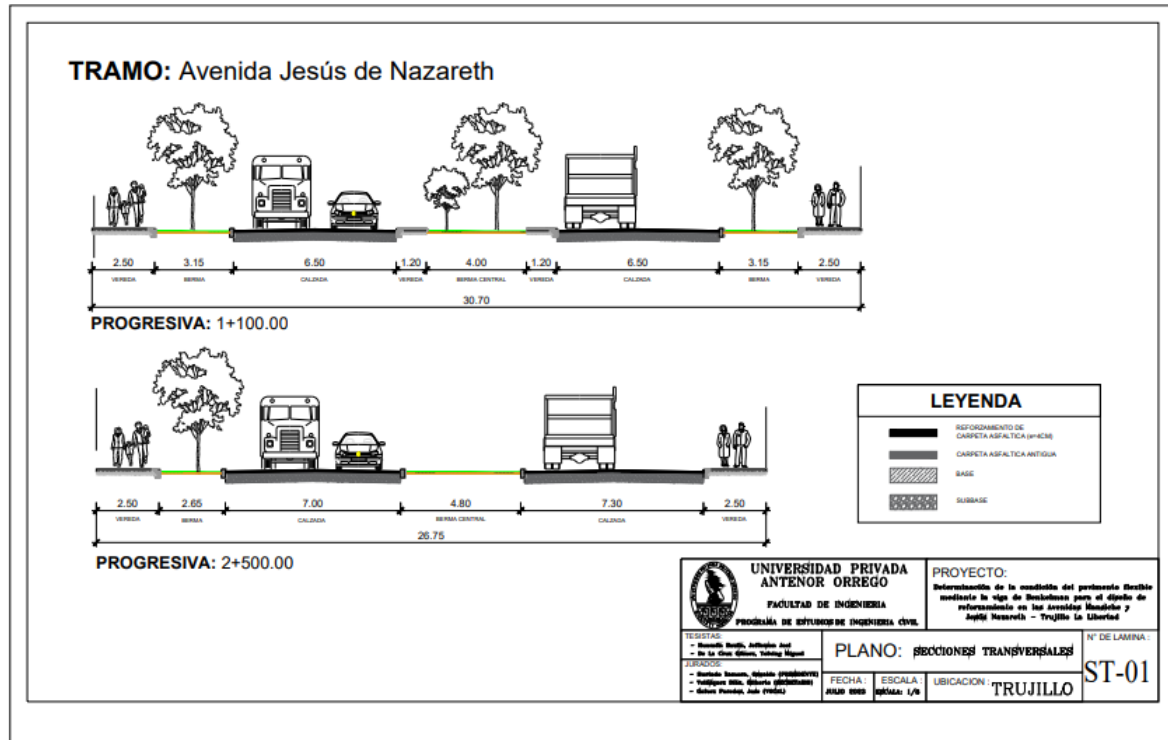
Conforme a la Tabla 17, nos encontramos con:

- ✓ 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

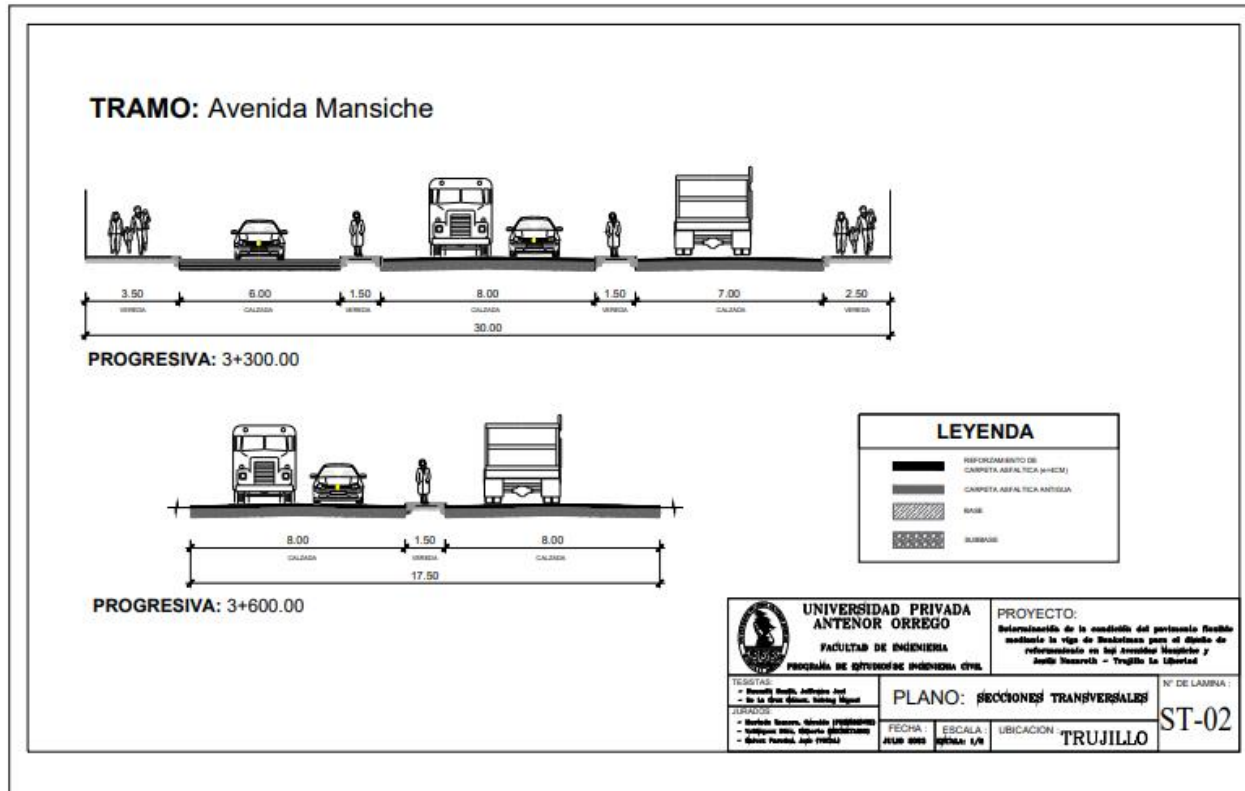


Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

Ilustracion 5

ESPESOR DEL REFORZAMIENTO EN LA AVENIDA MANSICHE



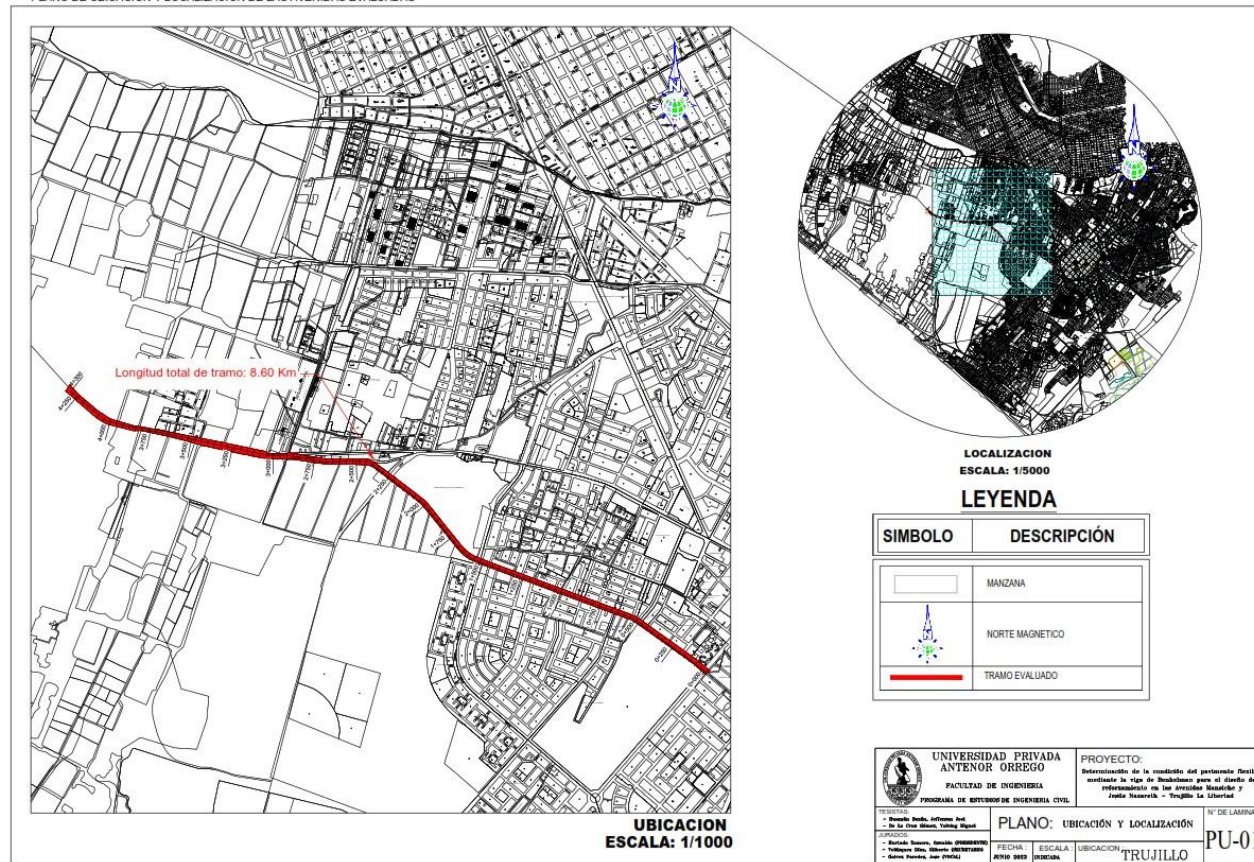
Fuente: Elaboración Propia

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*



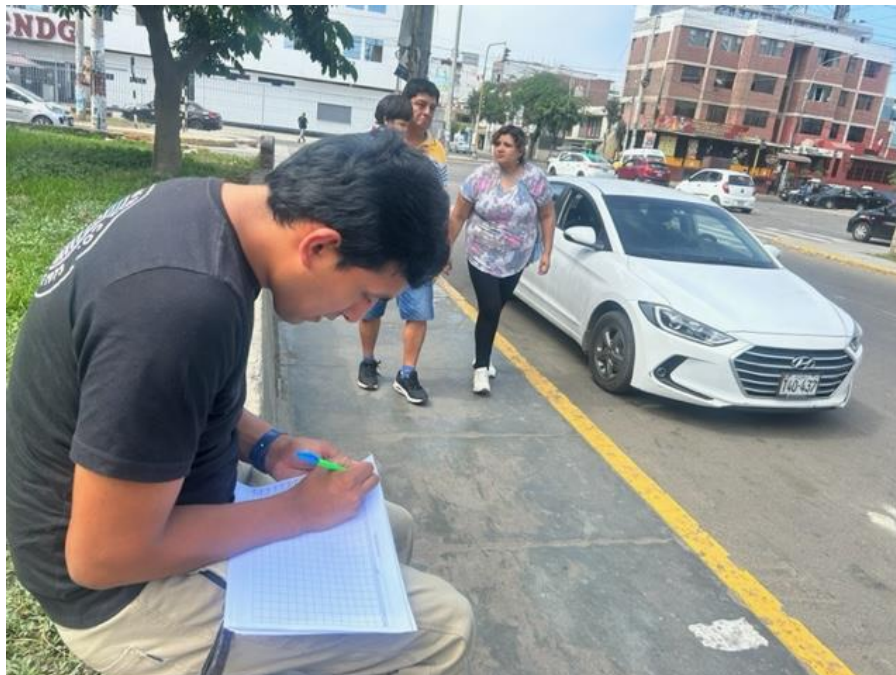
*Fuente:*

*Elaboración Propia*



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

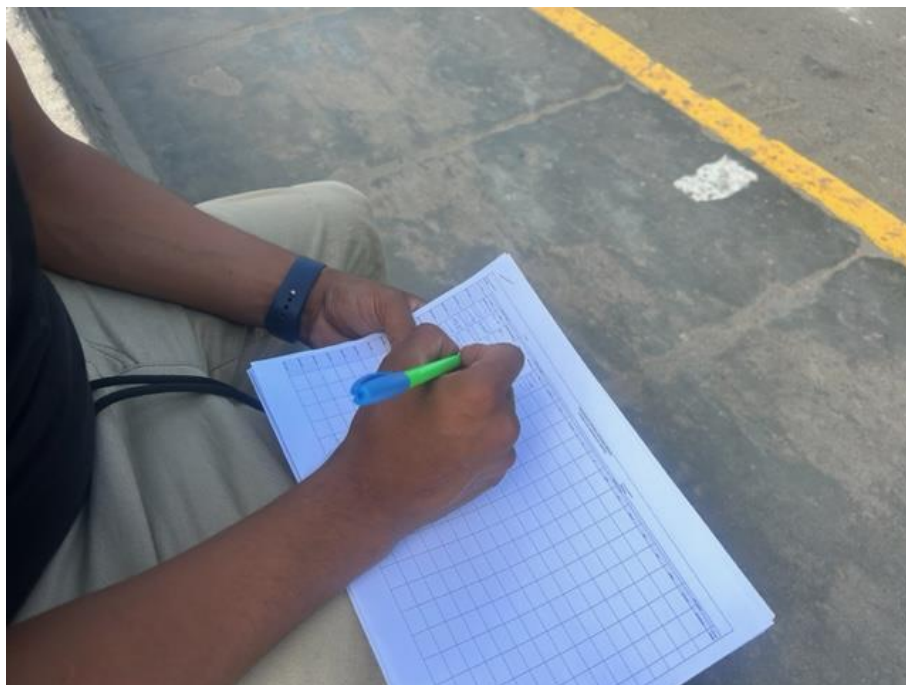
*Fuente: Elaboración Propia*

**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	
08:00 am - 09:00 am	562	22		37		4		1		1		1	
09:00 am - 10:00 am	467	19		30		4		0		1		0	
10:00 am - 11:00 am	472	19		31		4		1		1		0	
11:00 am - 12:00 pm	571	23		37		4		1		1		1	
12:00 am - 01:00 pm	250	30		47		6		1		2		1	
01:00 pm - 02:00 pm	205	8		13		2		0		0		0	
02:00 pm - 03:00 pm	107	4		8		1		0		0		0	
03:00 pm - 04:00 pm	98	4		8		3		0		0		0	
04:00 pm - 05:00 pm	249	10		13		3		0		1		0	
05:00 pm - 06:00 pm	386	15		31		3		0		1		0	
06:00 pm - 07:00 pm	593	24		43		5		0		1		1	
07:00 pm - 08:00 pm	614	28		41		5		1		2		1	
08:00 pm - 09:00 pm	600	26		48		5		1		2		1	
09:00 pm - 10:00 pm	667	27		48		5		1		1		1	
10:00 pm - 11:00 pm	486	19		32		4		1		1		0	
11:00 pm - 12:00 pm	400	16		26		3		0		1		0	
12:00 pm - 01:00 am	88	4		0		0		0		0		0	
01:00 am - 02:00 am	78	3		0		0		0		0		0	
02:00 am - 03:00 am	50	2		0		0		0		0		0	
03:00 am - 04:00 am	27	1		0		0		0		0		0	
04:00 am - 05:00 am	25			0		0		0		0		0	
05:00 am - 06:00 am	299	12		24		2		0		1		0	
06:00 am - 07:00 am	623	25		41		5		1		1		1	
SUB TOTAL	9222	369		599		71		10		20		1	
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		2		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		0
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		0		0
05:00 am - 06:00 am	280		17		20		2		0		1		0
06:00 am - 07:00 am	383		24		44		6		0		2		1
SUB TOTAL	8634		350		601		69		7		25		7
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	204	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	506	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	17		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				1	
10:00 am - 11:00 am	464		15	26		4		0				1	
11:00 am - 12:00 pm	580		14	40		5		0				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		5	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	30		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		1	
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	0		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												
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				0
11:00 am - 12:00 am	582		23			40				0				0
12:00 am - 01:00 pm	765		31			50				1				0
01:00 pm - 02:00 pm	207		8			14				0				0
02:00 pm - 03:00 pm	110		4			14				0				0
03:00 pm - 04:00 pm	100		4			10				0				0
04:00 pm - 05:00 pm	256		10			12				0				0
05:00 pm - 06:00 pm	394		16			32				1				0
06:00 pm - 07:00 pm	604		24			47				1				0
07:00 pm - 08:00 pm	708		24			48				1		2		0
08:00 pm - 09:00 pm	673		27			48				1		2		0
09:00 pm - 10:00 pm	680		27			53				0				0
10:00 pm - 11:00 pm	496		28			33				0				0
11:00 pm - 12:00 pm	408		16			27				0				0
12:00 pm - 01:00 am	89		4			0				0				0
01:00 am - 02:00 am	80		4			0				0				0
02:00 am - 03:00 am	81		2			0				0				0
03:00 am - 04:00 am	87		1			0				0				0
04:00 am - 05:00 am	25		1			0				0				0
05:00 am - 06:00 am	305		12			25				1				0
06:00 am - 07:00 am	635		28			45				1				0
SUB TOTAL	9406					679				8		18		7
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												
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			27				0		1		0
11:00 am - 12:00 am	578		25			51				0		2		0
12:00 am - 01:00 pm	761		33			52				0		1		0
01:00 pm - 02:00 pm	206		9			16				0				0
02:00 pm - 03:00 pm	109		5			16				0				0
03:00 pm - 04:00 pm	99		5			17				0				0
04:00 pm - 05:00 pm	253		11			17				0		1		0
05:00 pm - 06:00 pm	392		17			27				0		1		0
06:00 pm - 07:00 pm	601		26			43				0		1		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				0
10:00 pm - 11:00 pm	492		23			40				0				0
11:00 pm - 12:00 pm	405		18			28				0				0
12:00 pm - 01:00 am	29		4			0				0				0
01:00 am - 02:00 am	24		3			0				0				0
02:00 am - 03:00 am	71		2			0				0				0
03:00 am - 04:00 am	87		1			0				0				0
04:00 am - 05:00 am	25		1			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				0
SUB TOTAL	9348					688				6		20		7
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**

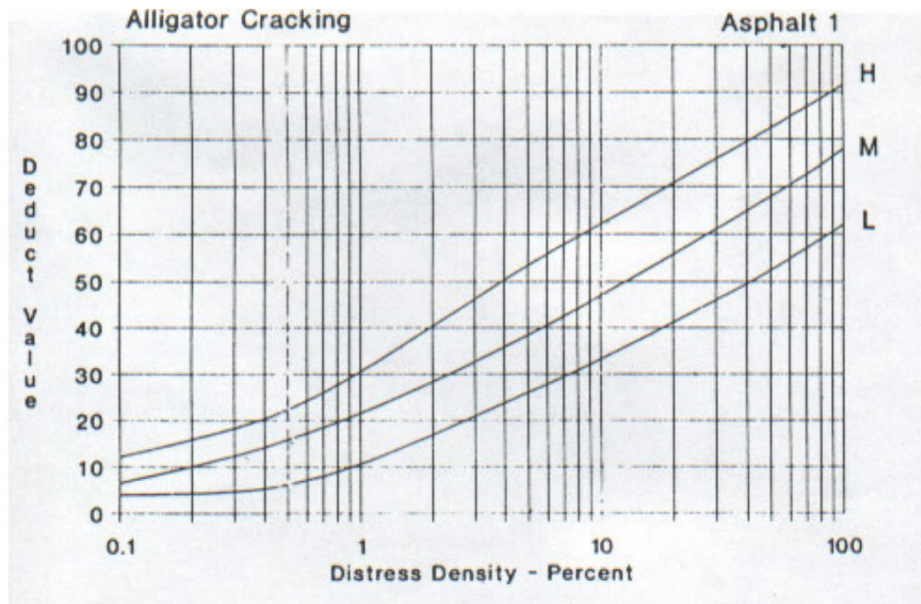
*Fuente: Elaboración Propia*

**Anexo 24****FALLA GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

*Fuente: Elaboración Propia*

### Anexo 25

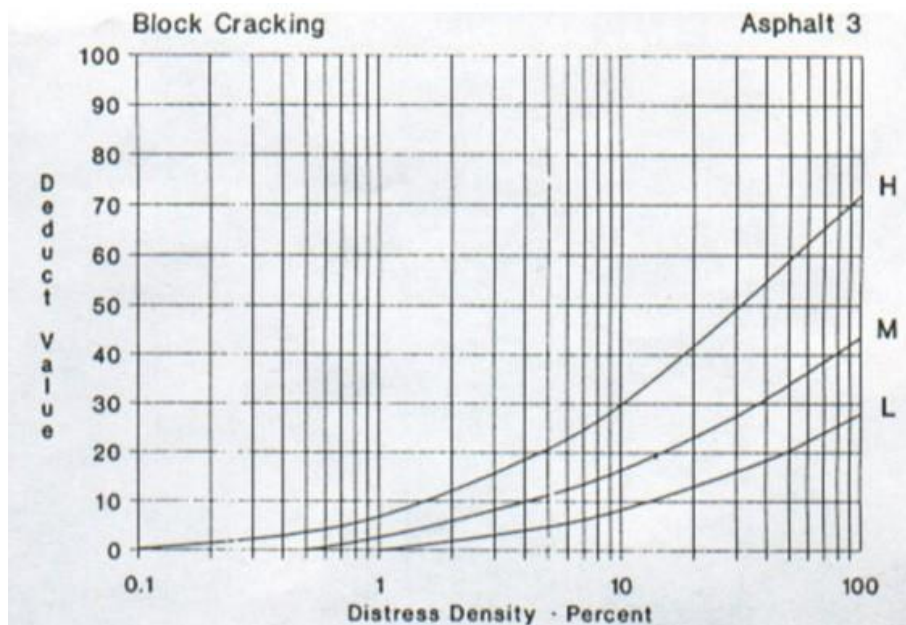
#### ABACO DE VD DE FALLA: PIEL DE COCODRILLO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 26

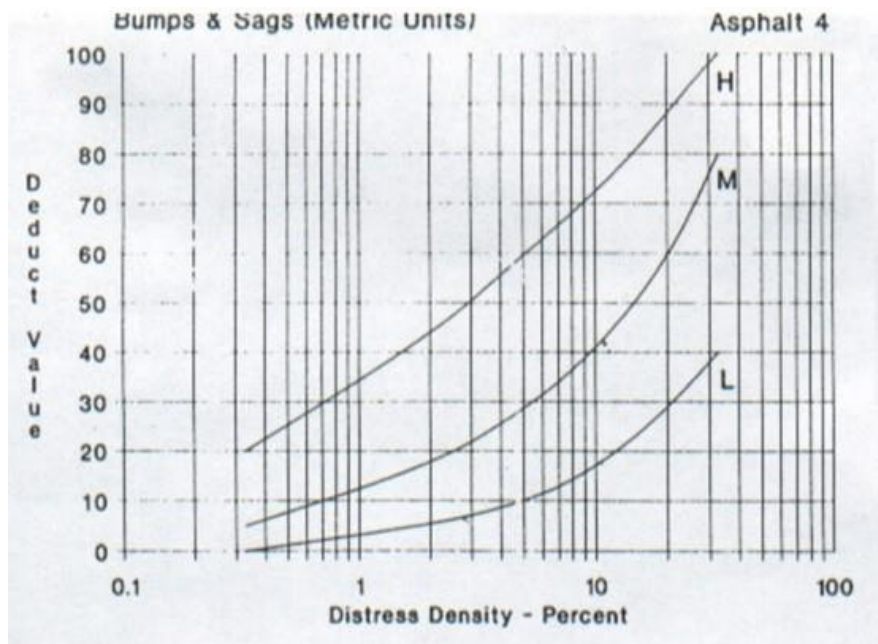
#### ABACO DE VD DE FALLA: AGRIETAMIENTO DE BLOQUE



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 27

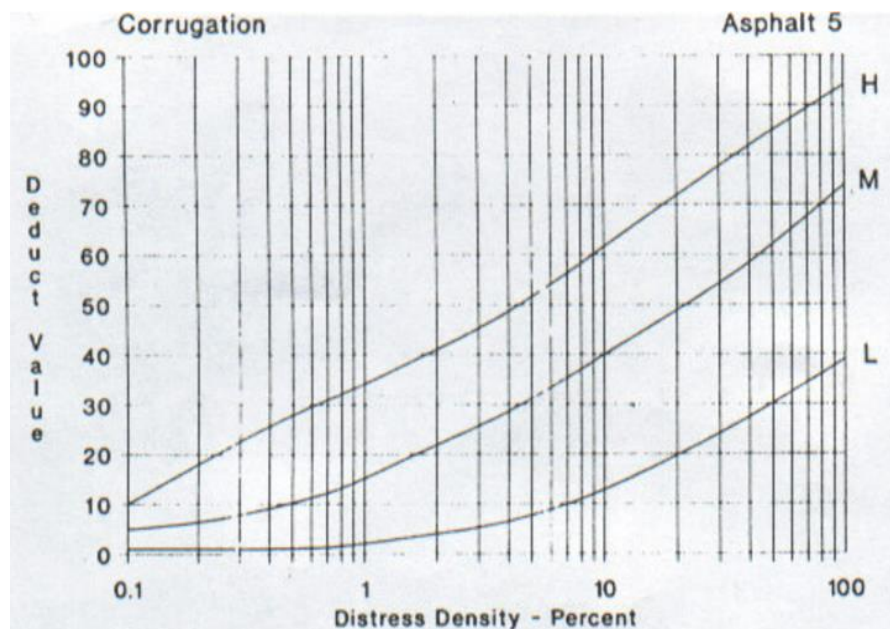
#### ABACO DE VD DE FALLA: ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 28

#### ABACO DE VD DE FALLA: CORRUGACION

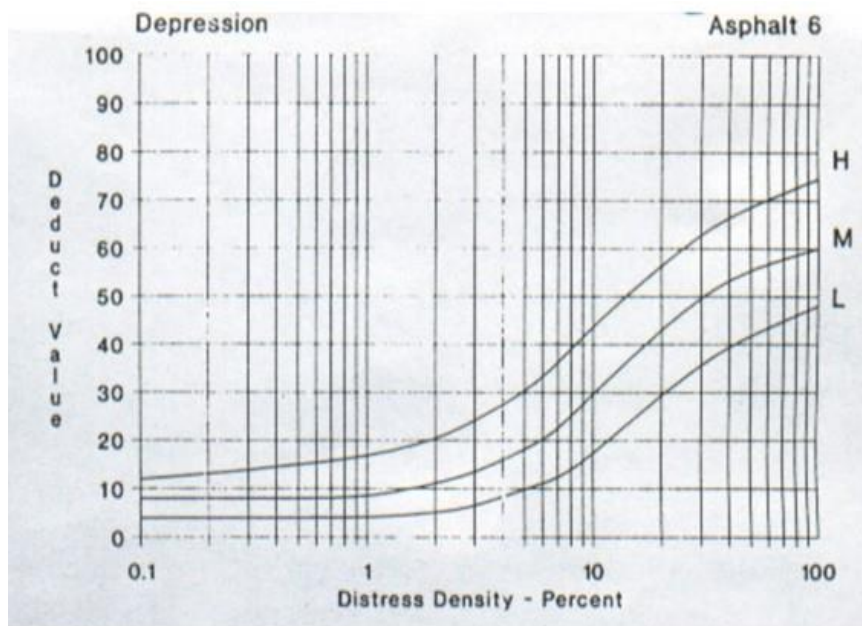


Fuente: Manual PCI ASTM D 6433



## Anexo 29

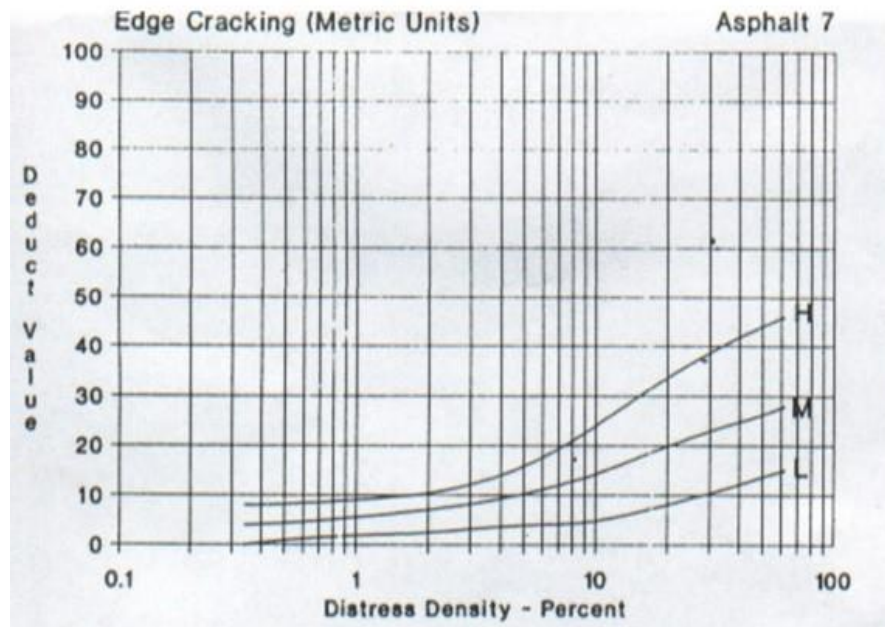
### ABACO DE VD DE FALLA: DEPRESIÓN



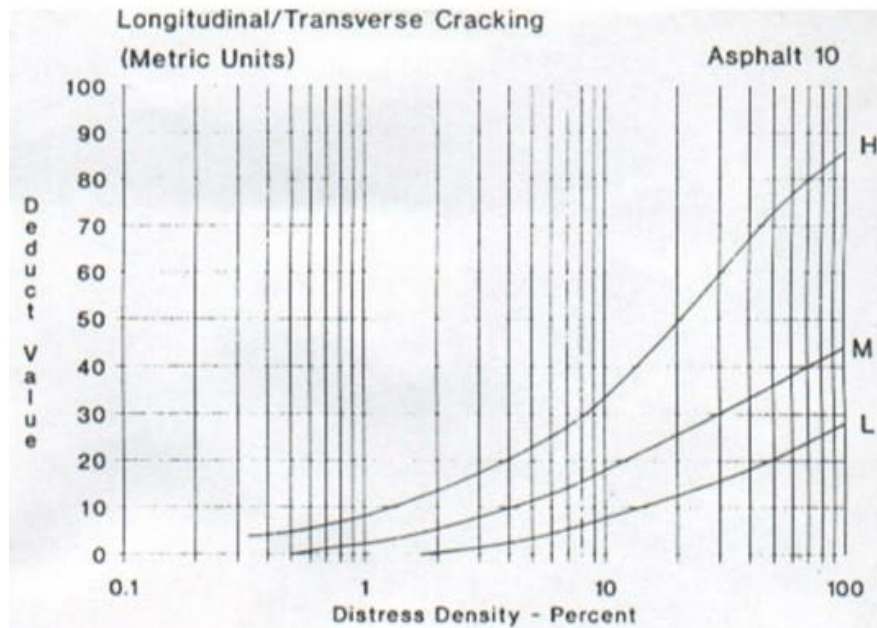
Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

## Anexo 30

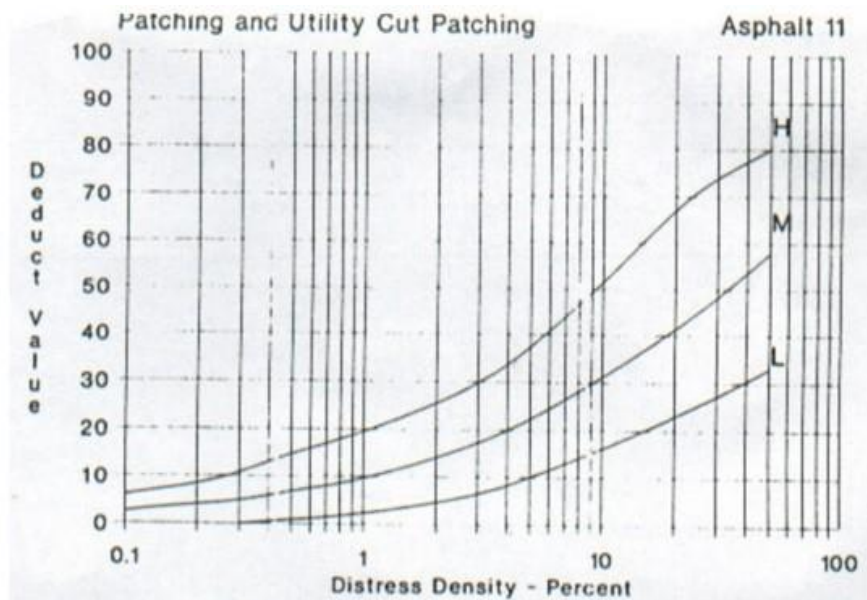
### ABACO DE VD DE FALLA: GRIETA DE BORDE



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

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

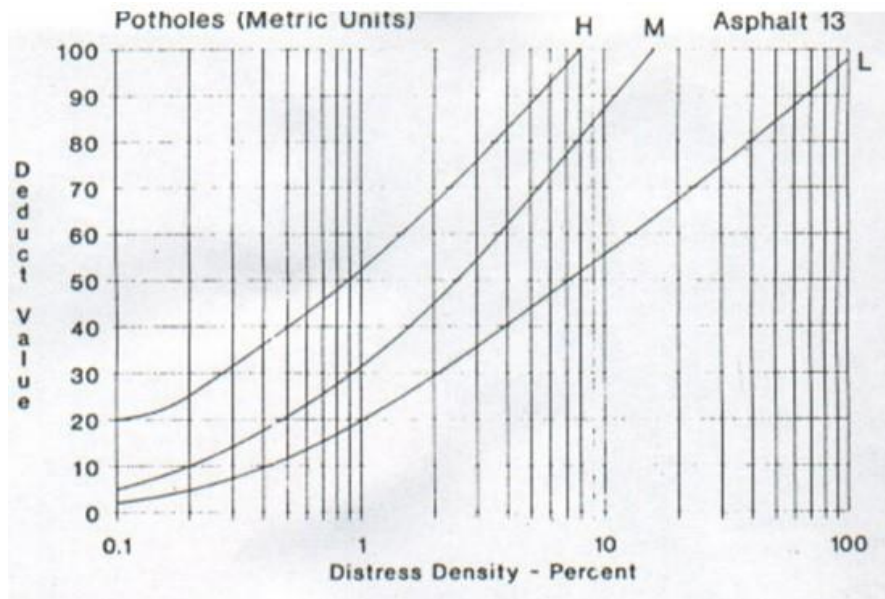
Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

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

Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 33

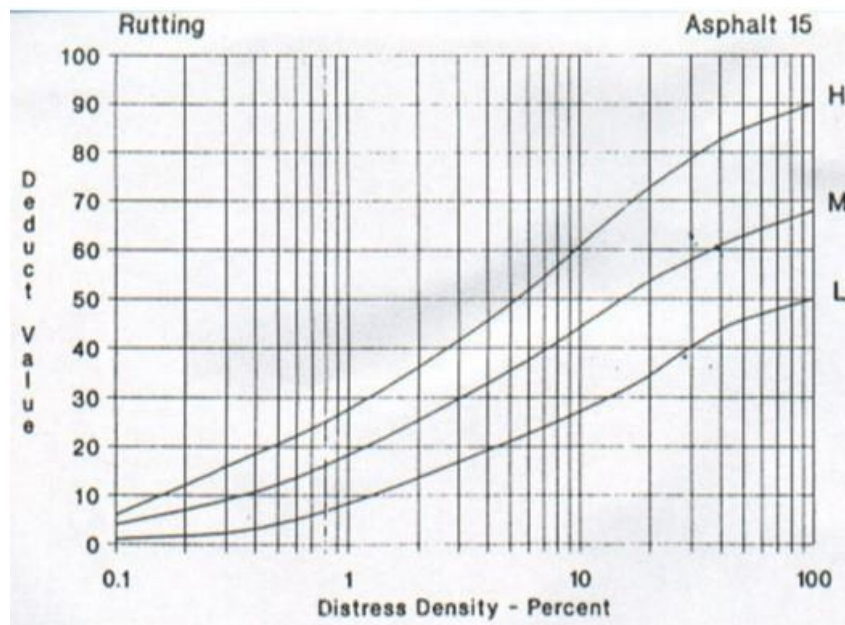
#### ABACO DE VD DE FALLA: BACHES



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 34

#### ABACO DE VD DE FALLA: AHUELLAMIENTO

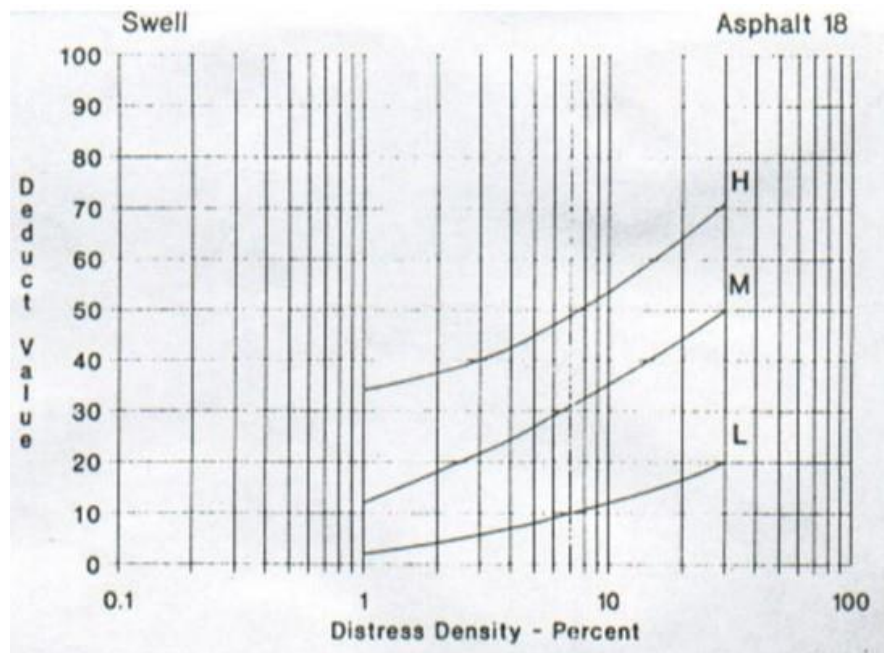


Fuente: Manual PCI ASTM D 6433



### Anexo 35

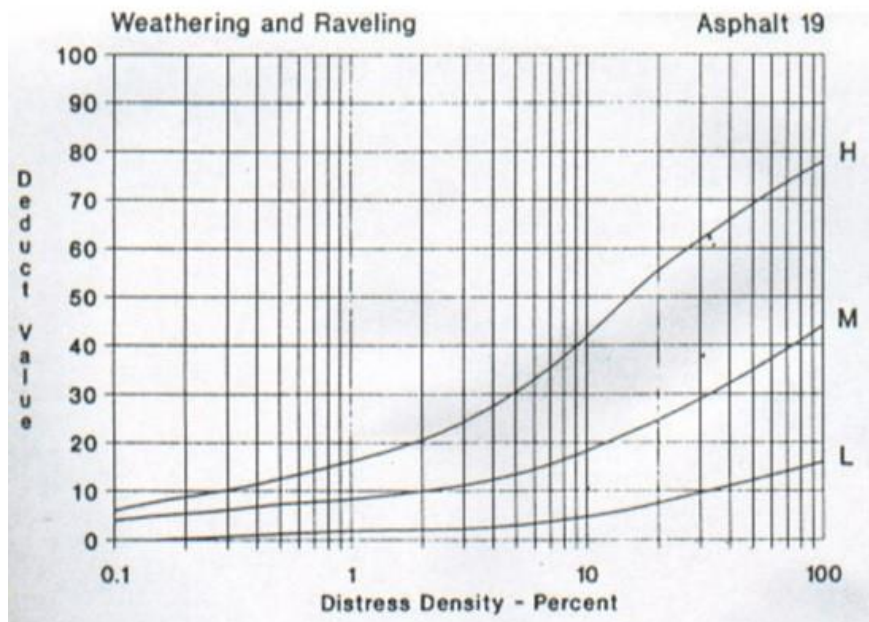
#### ABACO DE VD DE FALLA: HINCHAMIENTO



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

### Anexo 36

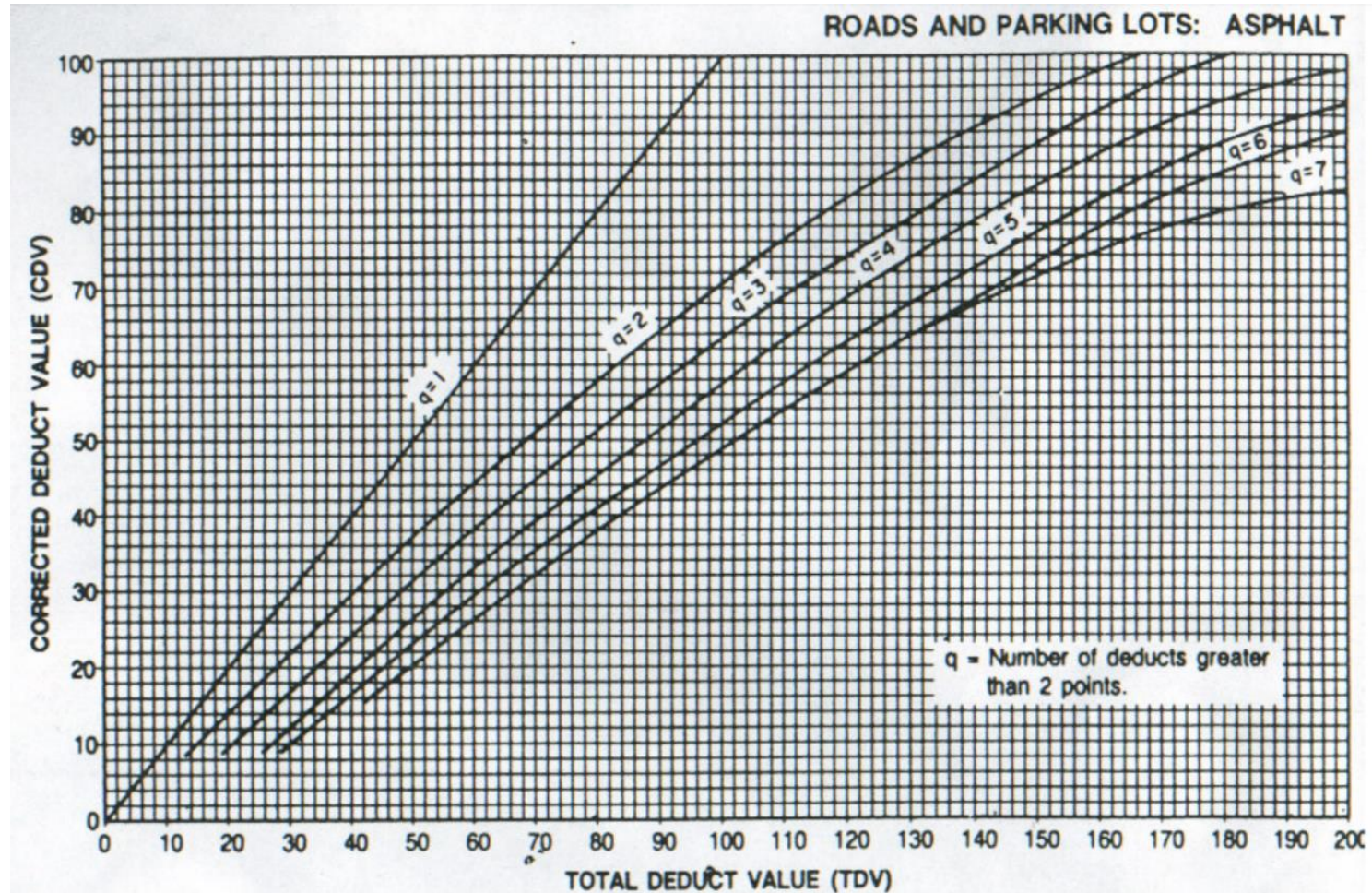
#### ABACO DE VD DE FALLA: DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



Fuente: Manual PCI ASTM D 6433

## Anexo 37

ABACO DE VALOR DEDUCIDO TOTAL Y EL NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS  $\geq 2$  (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	
<b>PLACA</b>	<b>: C7N-918</b>
PRODUCTO	: [AGE] AGREGADOS
CONDUCTOR	:
RUC	: T006857
RAZON SOCIAL	: MIGUEL DELACRUZ
CONSIGNATARIO:	
ORIGEN	:
DESTINO	:
Tarifa	: S/. 15,00
<b>ENTRADA: 8,190 Kg.</b>	
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 <sub>P1</sub>	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío:	150 mm
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío:	150 mm
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T <sub>P14</sub>	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
1° La deflexión característica resulta:	SUPERIOR 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		<b>PRIMER CASO</b> Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
		SÍ: 3° Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	NO: Las fallas se deben a otra causas	<b>SEGUNDO CASO</b> 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)	<b>TERCER CASO</b> 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 2° Hay fallas de origen estructural?	NO: Corregir fallas de origen superficial		
	SÍ: 3° 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		<b>TERCER CASO</b> 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		<b>CUARTO CASO</b> 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