



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación del Pavimento Flexible de la Quinta y Sexta etapa del  
AH. Los Algarrobos - Piura 2022.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Sandoval Baltazar, Carlos Antony (orcid.org/0000-0002-6651-9476)

**ASESORA:**

Mg. Valdiviezo Castillo, Krissia Del Fatima (orcid.org/0000-0002-0717-6370)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico empleo y emprendimiento

PIURA– PERÚ

2022

## DEDICATORIA

A mis padres y a mis maestros que me inculcan valores para seguir el camino del éxito. Y cultivan en nosotros el conocimiento que sean factible para el cambio de una nueva sociedad.

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por haberme dado voluntad y sabiduría para realizar el presente trabajo de investigación. A mis padres y hermanos que de alguna manera me dieron ánimo y apoyo para lograr mi meta trazada.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
FIGURA 1. Ubicación del terreno.....	9
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación. ....	10
3.2 Variables y operacionalización. ....	11
3.3 Población, muestra. ....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	12
3.5 Procedimientos. ....	13
3.6 Método de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN .....	46
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES .....	49
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS.....	53
.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Cuadro de operacionalización de variables. ....	11
TABLA 2.	Relación de muestreo. ....	13
TABLA 3.	Distancia del punto de ensayo. ....	16
TABLA 4.	Formato de lectura y mediciones de campo. ....	17
TABLA 5.	Formato de mediciones corregidas de campo. ....	17
TABLA 6.	PCI de las unidades de muestras del tramo 1. ....	23
TABLA 7.	PCI de las unidades de muestras del tramo 2. ....	24
TABLA 8.	PCI de las unidades de muestras del tramo 3. ....	25
TABLA 9.	PCI de las unidades de muestras del tramo 4. ....	26
TABLA 10.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo I “del Km 00+000 – Km 00+390- Carril derecho. ....	36
TABLA 11.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo I “del Km 00+000 – Km 00+390- Carril Izquierdo. ....	37
TABLA 12.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo II “del Km 00+000 – Km 00+160- Carril Derecho. ....	38
TABLA 13.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo II “del Km 00+000 – Km 00+160- Carril Izquierdo. ....	39
TABLA 14.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo III “del Km 00+000 – Km 00+460- Carril Derecho. ....	40
TABLA 15.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo III “del Km 00+000 – Km 00+460- Carril Izquierdo. ....	41
TABLA 16.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo IV “del Km 00+000 – Km 00+300- Carril Derecho. ....	42
TABLA 17.	Valor de la Deflexión Admisible, Tramo IV “del Km 00+000 – Km 00+300- Carril Izquierdo. ....	43
TABLA 18.	Nivel de Deterioro. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Ubicación del terreno. ....	9
FIGURA 2.	Formato de búsqueda de condición para carreteras con superficie asfáltica...13	
FIGURA 3.	Viga Benkelman. ....	16
FIGURA 4.	Valor deducido más alto (CDV) vs. Número de valores deducidos(DV) .....	20
FIGURA 5.	Corrección de los valores deducidos .....	21
FIGURA 6.	Equipo Viga Benkelman en proceso de evaluación del pavimento.....	28
FIGURA 7.	Muestras del tramo cada 25 m.....	29
FIGURA 8.	Grafica para Corrección de Temperatura Fuente: Manual AASHTO 93. ....	31
FIGURA 9.	Ejemplo de Sectorización.....	33
FIGURA 10.	Gráfico de Deflexiones Admisibles. ....	35
FIGURA 11.	Porcentajes de nivel de deterioro del pavimento.....	44

## RESUMEN

El pavimento degradado afecta la circulación de personas, por lo tanto el mal estado de las aceras de las calles de la quinta y sexta de Los Algarrobos me impulsó a hacer este proyecto de evaluación, el presente estudio tiene como objetivo Realizar la evaluación del pavimento flexible utilizando el método PCI y la comprobación no destructivo a través de la viga Benkelman, donde seguimos distintos procesos teóricos y prácticos, que se encuentran dentro de ellos; con metodología cuantitativa, no experimental, su población abarca las avenidas de la quinta y sexta etapa, como muestra en la investigación será el asfalto flexible de las calles; su Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados es la Observación de campo, ensayo no destructivo, Análisis documental, etc. Como solución La evaluación del asfalto flexible de la quinta y sexta etapa del A.H Los algarrobos encontramos muchas deficiencias en el trayecto del tramo, dando así que necesitamos la ayuda de sociedades estatales y particulares para la realizar un nuevo diseño de pavimento más acorde a las necesidades del usuario.

Palabras clave: Evaluación del asfalto, ensayo no destructivo, viga Benkelman y método PCI.

## **ABSTRACT**

The degraded pavement affects the movement of people, therefore the poor condition of the sidewalks of the streets of the fifth and sixth of Los Algarrobos prompted me to do this evaluation project, the objective of this study is to carry out the evaluation of the flexible pavement using the PCI method and non-destructive testing through the Benkelman beam, where we follow different theoretical and practical processes, which are within them; with quantitative, non-experimental methodology, its population covers the avenues of the fifth and sixth stage, as a study sample will be the flexible pavement of the streets; Its Data collection techniques and instruments used are field observation, non-destructive testing, documentary analysis, etc. In conclusion, the evaluation of the flexible pavement of the fifth and sixth stage of the A.H Los algarrobos found many deficiencies along the stretch, giving us the need for the help of public and private companies to carry out a new pavement design more in line with the needs of the user.

Keywords: Pavement evaluation, pavement condition index, non-destructive testing.



## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, para los gobernantes, la construcción de pavimentos óptimos y sustentables es un gran desafío para nuestra economía, lo social y ambiental, relacionado con las diferentes zonas de nuestro país, pues se debe utilizar nueva tecnología para asegurar un diseño adecuado y métodos de implementación, manipulación y sostenimiento, alcanzando así el aumento de los altos estándares de calidad, garantizando bienestar para los peruanos. Sin particularidad, los pavimentos se deterioran, principalmente por el cargamento, circulación vehicular y los componentes ambientales con los que entran en contacto, lo principal es mantener el nivel óptimo de pavimento o mejor dicho frenar este desgaste mediante un cuidado conveniente y pertinente. Para establecer el estado de Circulación de vehículos en las calles principales de la quinta y sexta etapa, realizamos un análisis de la contexto real de la calle, donde la primera fase que se implementará será el monitoreo visual, la toma de datos y el archivo y así poder abordarlos, enfrentando los consecuentes problemas: piel de cocodrilo, desgarro, distorsión por empuje, hinchamiento, separación, descomposición superficial, son problemas que deben ser resueltos en el campo de la investigación. Para daños superficiales de nivelación hechos por el hombre y el medio ambiente, estos defectos revelan la textura del pavimento, lo que significa que pierde la función estructural para la que fue diseñado. Tales defectos, a menudo se pueden observar en la capa de carga del pavimento, este pavimento y la capa de asfalto pierden calidad de diseño, y tiene poca fricción superficial, y pueden ocurrir daños, como baches, pérdida de distribución, amortiguamiento, deformación accidental y exudación.

Estos problemas a menudo son causados por un diseño deficiente del pavimento, lo que provoca daños en su estructura, además problemas, como la flacidez y el retraso. El pavimento degradado afecta la circulación de personas, así como daños a los vehículos. Para un buen diseño se deben considerar varios factores, como el clima, ya que el diseño sea empleado para tráfico pesado o ligero, y las propiedades apropiadas de los materiales a utilizar. El mal estado de las

aceras de las calles de la quinta y sexta de Los Algarrobos me impulsó a hacer este proyecto de evaluación con un poco de investigación, decidiendo así si se debe cambiar toda la estructura de la acera, o simplemente realizar mantenimiento para la renovación del asfalto.

El desarrollo del proyecto de investigación se justifica por los siguientes factores: Antecedentes teóricos. Este proyecto demuestra mediante la aplicación de teorías y definiciones básicas de ingeniería, para encontrar soluciones de ingeniería a las condiciones actuales de las calles en el campo. También existe una justificación metodológica de que el objetivo de investigación del proyecto de tesis es utilizar técnicas de investigación como la cita bibliográfica, recopilar información, para luego desarrollarla en tesorería. Por lo tanto, los resultados obtenidos son valiosos para mejorar el medio ambiente. Y finalmente la justificación real. Donde tenemos servicios a las personas. Crear condiciones favorables para el movimiento de vehículos a las instalaciones y hospitales cercanos.

De esta problemática se planteó la pregunta de indagación ¿Cuál es la evaluación del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H Los Algarrobos – Piura 2022?

El objetivo general Realizar la evaluación del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del AH. Los Algarrobos – Piura 2022. Como objetivos específicos tenemos: Determinar los tipos de fallas existentes del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los algarrobos – Piura 2022. Aplicando el PCI.

Determinar las fallas estructurales del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022. Empleando la viga Benkelman.

Determinar el nivel de deterioro del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

La exploración tenemos referencias mundiales, nacionales y locales

Timana Rodríguez, Julio 2018, tesis titulado "Evaluación de Pavimento Flexible en Avenida Caracas. Ecuador" En esta investigación, Av. La acera de Caracas se encuentra en buen estado. Esta situación de la acera se presentó en el trabajo de reparación realizado en 2016 para reducir la formación de daños estructurales y daños en la acera. La mayoría de los defectos eran de carácter funcional, no afectaban al tráfico normal de vehículos, no requerían una reducción de la aceleración libre y no provocaban daños estructurales, por lo que el automovilista no estaba al tanto.

Escobar Kerin & García, Alberto (2007), en su tesis titulado "Análisis Comparativo de evaluación de Pavimento, utilizando Viga Benkelman para medir la Deflexión de Impacto (Fd)". Desde el método de medición de la deformación usando el deflector de impacto y viga Benkelman (FWD), de esta manera permite observar capacidad portante del pavimento afirmado en la medición de la deflexión determinada, usando el dispositivo medidor (FWD) de la viga Benkelman, es determinar la evaluación. El camino que conduce, especialmente el desvío armenio, comenzaba en el km 39 + 125, finalizaba a la altura del desvío de Cerro Verde en el km 45 + 075, y tenía una longitud de 6 km. Finalmente, tenga en cuenta que la ecuación presentada compara la correlación perfeccionada por WSDOT. Esto significa que la diferencia porcentual promedio entre las deflexiones calculadas es 6.6% porque los coeficientes son numéricamente diferentes. El tamaño de se debe a la muestra, las situaciones de prueba y la estructura de pavimento probada. En conclusión, la deflexión calculada a partir de la correlación FWD es menor que en el ensayo con la viga Benkelman.

Huaccha Montenegro, Cristhian (2017), su investigación titula "Evaluación del pavimento flexible de la A.V. Mario Urteaga", mediante el Ensayo de merlín y el método PCI permite comprobar la etapa del deterioro del asfalto con el fin de examinar el estado de conservación del pavimentado plástico; utilizando el rugosímetro Merlín y el método PCI. El perfeccionamiento de este estudio se inició con una fiscalización de campo para determinar: unidad de muestreo (método PCI) y número de carriles (método de rugosidad Merlín), luego de lo cual se determinó

el tipo de defecto (defecto total) (210 tipos de defectos) y el formato del terreno. Para la producción de gabinetes, se han creado hojas de cálculo para el procesamiento completo de datos. De acuerdo a los resultados del método de rugosidad de Merlín: en el tramo A (Óvalo del Inca - Plazuela Víctor Raúl), tiene un IRI promedio de 15 m/km (carril 1) y 3.35 m/km (carril 2), lo que indica que la vía de este acceso es de un solo sentido presentando ocasionalmente depresiones en la superficie del defecto y para el tramo B. Por último, se concluye que ambas técnicas concuerdan, esta tesis ayudo a mi investigación en la aplicación del método del PCI.

Rabanal Pajares, Jaime (2018); titula su investigación “Estudio del estado de mantenimiento de la acera flexible de la A.V. Libramiento Norte”, Incluye el uso del índice PCI. La evaluación de la condición del asfalto de la A.V. Libramiento Norte, se utiliza el PCI; Esta métrica tiene como valor 0 (para estado defectuoso) hasta 100 (buen estado). Para ello, se ha realizado una indagación visual de toda el área de la vía y sus componentes de drenaje, se ha agregado información del plan vial para realizar un estudio de la condición del asfalto. En conclusión, el método del PCI permite tener una medición observativa sobre el pavimento de mi población.

Arones Tuesta, Manuel Alejandro (2018), cuya tesis titulada “Evaluación de la flexibilidad del boulevard de la marina entre las avenidas 28 de julio y los Rosales Iquitos; su objetivo fue identificar y evaluación del asfalto de las avenidas. Se trabajó para determinar daños cada treinta metros de longitud, llegando a 40 unidades muestrales, donde se determinó que el mayor tipo de daño en el trayecto es tipo piel de cocodrilo y el de mínimo daño es Tipo PATCH, ambos de severidad regular. Se aplicó el rugosímetro MERLIN, resultando en un pavimento deficiente, debido a la variación de la superficie. En conclusión, se recomienda actividades de resarcimiento sistemáticas, temporales y periódicas para el mantenimiento adecuado de las vías en beneficio de los usuarios.

Gonzales C, 2011, su artículo titulado “Estudio de la técnica PCI en el diagnóstico de la condición del asfalto flexible en la autopista Wallace Casma”. Menciona la realización de un mantenimiento regular, para evitar que el pavimento se deteriore y este en un buen estado físico. Sin embargo, tales pasos deben realizarse en base a una investigación adecuada. Estos son: evaluaciones

funcionales y estructurales. Por lo tanto, es necesario observar el estado actual del asfalto de enclavamiento en la carretera Casma-Huaraz (km 55 + 470 km 56 + 480). Este tramo forma parte de la investigación técnica final para la rehabilitación y mejoramiento finalizado en agosto de 2017. Uso de PCI ASTM 5340-98 en el campo donde se realizan recorridos viales, con el objetivo de conocer el estado actual de las estructuras y superficies de rodadura, de manera que se sigan los criterios y parámetros del método de evaluación PCI. Se detectaron e identificaron uso de errores, uso de instrumentos de medición y catálogos de pavimento asfáltico, y luego de registrar los errores se realizaron los cálculos finales de PCI, teniendo como conclusión el deterioro del pavimento evaluado.

Valarezo Zapata, Javier (2017), denomina su tesis Evaluación Estructural usando vigas Benkelman aplicadas en los pavimentos de Piura, tiene como objetivo proponer la apertura de un plan de evaluación para mejorar el Pavimento asfáltico, tomando como partida la evaluación de la estructura usando la viga Benkelman; seleccionó el pavimento de la UNP. Los datos obtenidos, utilizando una viga Benkelman, que indica un estudio donde se realizan comprobaciones de deflexión, empleando un modelo Hogg e imágenes construidas en Matlab, módulo elástico. (Esg) y CBR se calculan por subcapa, para conocer el estado del pavimento a través de su subcapa. En conclusión, se planteó un reforzamiento requerido para la proyección expuesta en las calles.

Correa Vásquez, M & Carpio Molero, L (2019) expone en la tesis titulada “Evaluación y propuesta de intervenciones para pavimentos blandos de las A.V. jirón Los Incas de Piura”; su objetivo es utilizar el método PCI a pavimentos blandos, en la metodología se determina que la carretera se ha dividido en tres zonas diferenciadas mediante el estudio del tráfico, para proponer diferentes intervenciones en cada una de esas zonas, presenta el grado de clasificación de severidad de degradación del pavimento obtenido por el método PC, con la aplicación del software EvalPavCar, para superficie asfáltica utilizando la norma internacional ASTM D 6 33, dando como resultado valores de PCI en cada área. En conclusión, el método del PCI corresponde a la recuperación, en Proceso y mantenimiento periódico área 2 (con PCI de 68) y mantenimiento de rutina para el área 3 (con PCI es 83). Mi apreciación crítica es que las autoridades locales deben

desarrollar una intervención inicial y aplicar un plan de mantenimiento para que los usuarios se beneficien en ella.

Zevallos (2017) en su tesis titulada “Identificación y evaluación de defectos superficiales en pavimentos flexibles de la vías de Barranca – 2017”, cuyo objetivo principal es identificar y evaluar el ahorro de espacio de los pavimentos flexibles de vías urbanas. La aplicación del método PCI. Se utilizaron técnicas y herramientas como inspección visual, discos de grabación, guía de defectos PCI y sus respectivos formularios para obtener información sobre cada defecto existente. Finalmente, se concluye que la metodología PCI es uno de los métodos más efectivos para evaluar recubrimientos flexibles y rígidos.

Asimismo, de acuerdo con los datos obtenidos y analizados, la calle José Gálvez Barrenechea tenía un índice de 7 y 9, lo que indicaba que el estado del pavimento es regular.

Tipos de vías: La red vial incluye autopistas, carreteras principales y secundarias, fábricas y tramos de carretera. (Ministerio de Vivienda, 2010, p.38)

Calle; define que como un área urbana entre los límites de la ciudad. Esta propiedad, con o sin aceras, es para peatones y/o tránsito vehicular. (Consolidación de Construcción de Vivienda y Saneamiento y SENCICO, 2010, p.38)

Tráfico: determina el número de cargamento en las vías, equivalente de un solo eje que se evaluarán durante la fase de diseño del proyecto. El número es menor a 104 ESALs, es poco tráfico. Si el número de solicitudes es mayor o igual a 104 ESALs y menor a 106 ESALs, es tráfico moderado. Si el número de estudios es más de 106 ESALs, eso es alto tráfico.

Pavimento flexible (superficie de carretera de asfalto). Programación de particularidades de asfaltos con capa en todas sus características (hormigón, hormigón bituminoso, machacador bituminoso, resanamiento asfáltico, superficie microbiológica, etc.)

Base. “En general, la capa granular, aunque también puede ser suelo aluvial, es asfáltica o de hormigón. Su ocupación principal es utilizar como elemento. EL

elemento estructural del pavimento, aunque en algunos casos también puede actuar como capa de drenaje

Rasante. Es una escala superior del asfalto, es encontrada en el eje de la carretera.

Calzada o pista; Parte de la carretera para el tráfico de automóviles.

Evaluación de la textura del pavimento: Es para fortificar el pavimento para analizar si tiene cierta capacidad para su funcionamiento. Se deforma como energía potencial elástica para cada carga repetida durante su vida útil, esta energía es la determinante de la recuperación elástica o las deformaciones generadas, las cosas son más completas cuando menor sea la expansión de la energía elástica producida con el tiempo. (Portillo, 2015, traducción 79).

Método PCI Según Vásquez, (2002), es una metodología muy completa para evaluar el estado de la superficie del pavimento flexible y rígido si es necesario. Este es un método de aplicación simple, que requiere solo los formatos para realizarlo, para clasificarlos y seguir los procedimientos requeridos para obtener un resultado.

Índice de condición del Pavimento: La restauración del asfalto esto sería el daño debido a la densidad.

El PCI es un índice numérico que valoriza las varía desde 0 está en mal estado y el 100 está en buen estado.

Ensayos no destructivos: requiere datos de ingreso durante el proceso, las dimensiones de deflexión son obtenidos de la información. Las dimensiones de deflexión se puede realizar pruebas no destructivas. Las deflexiones medidas contienen información valiosa sobre las particularidades del asfalto.

Modelo Hogg. Presenta el pavimento en dos capas, siendo la primera una lámina delgada de rigidez definida a la flexión e infinitamente horizontal que se afirma capa inferior, capa gruesa, flexible, uniforme de alto grado de rigidez infinitamente gruesa o limitada por una capa base rígida.

Piel de cocodrilo: es una colección de grietas unidas entre sí para formar polígonos irregulares, el lado más largo puede tener hasta 0,5 m. El patrón se asemeja

a la piel de un cocodrilo También conocido como grieta por fatiga, se produce en espacios estancas a cargas repetitivas de tráfico, como las marcas de los neumáticos.

Baches o hoyos. Los baches son pequeños agujeros (vertederos) en el pavimento con un diámetro de menos de 750 mm. Tienen orillas cortantes y derechos cerca del área superior. Ellos son causados por una combinación de componentes:

Grietas. Defectos de construcción, Sistema de drenaje insuficiente y diseño pobre del paquete de texturas.

La depresión: son espacios encontradas en la superficie del asfalto que tienen una eminencia sutilmente baja que las áreas circundantes. Las hendiduras son visibles cuando el agua se acumula allí posteriormente de la precipitación, en el caso de una superficie seca. Se crean por el asentamiento del terreno o por un mal proceso constructivo.

Desintegración. Pérdida del pavimento por pérdida del enlazamiento asfáltico y átomos de áridos libres. Este deterioro muestra un ligante bituminoso que se ha atesorado significativamente el agregado del pavement, tiene muy poca afinidad por el ligante.

La severidad: Incluye determinar la condición del pavimento dentro de niveles bajo(Low): L, medio (M) y alto (High): H.

Medidas de deflexión. Las técnicas se basan en la generación de imperfecciones flexibles o deflexiones en el asfalto por medio de equipos especiales, que operan bajo esfuerzos estáticos o dinámicos. Estas desaparecen tan pronto si el dispositivo de medición deja de funcionar. Hay varios dispositivos que son capaces de medir la deflexión.

Los algarrobos, es un asentamiento humano con mayor población dentro del Distrito de Piura, se ha desarrollado es un terreno semi-plano poco accidentado, longitudinalmente cerca al centro de Piura, fue fundado del 20 de marzo 1972, tiene un clima de 25 y 27 grados centígrados y una altitud de 36 metros, con un perímetro 3,413.97m<sup>2</sup> y un área 629,368.28m<sup>2</sup>.



Las etapas quinta y sexta etapa, están limitada, Por el Norte: URB. los Jardines, Por el Este: URB. Los jazmines de Santa Rosa, Por el Sur: Segunda etapa de los Algarrobos, Por el Oeste: AA.HH. Juan Valer.

La Superficie de la quinta y sexta etapa, están ubicadas en las coordenadas: de longitud Noroeste. La superficie territorial de estas dos etapas es de 174,138.68m<sup>2</sup>; y con una densidad poblacional de 1824 habitantes, pertenece a lo Algarrobos distritos de Piura.

FIGURA 1. Ubicación del terreno.



El acceso a sus viviendas es por los diferentes pasajes, calles que hacen uso a diario los ciudadanos, las cuales se encuentran en mal estado perjudicando la transitabilidad tanto peatonal como vehicular.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación.**

Es una investigación cuantitativa; ya que el proyecto que realizamos se basara a la recaudación de información y observación de datos, donde podemos contestar las preguntas de investigación.

Es experimental no aplicada; porque realizaremos un ensayo no destructivo de la evaluación estructural del pavimento flexible del Asentamiento Humano Los Algarrobos.

### 3.2 Variables y operacionalización.

TABLA 1. Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Evaluación del Pavimento Flexible	La evaluación de asfálticos se distingue por varios usos, presenta cuatro áreas principales: investigación, rehabilitación de asfaltos, inspección de calidad y gestión del pavimento.	La evaluación del pavimento flexible fundamenta en su estado actual en el que se encuentra, tanto la estructura de las capas como la superficie.	Tipos de Fallas  Fallas Estructurales  Nivel de Deterioro	Catálogo de Fallas  Medidas de Deflexión  Buena Regular Mala

### **3.3 Población, muestra.**

Se trata de una colección ilimitada de similares características de la que se extraerán las conclusiones de la investigación. Esto está limitado por el objetivo y el problema de la investigación. El universo de la población abarca las A.V. de la quinta y sexta etapa.

Un subconjunto específico y limitado que está separado del conjunto se define como una muestra. La muestra de estudio será el pavimento flexible de la quinta y sexta etapa.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Dentro de las metodologías a utilizar tenemos: Observación de campo, Ensayo no destructivo, Análisis documental.

En sus instrumentos tendremos: Catalogo de deterioro de fallas, Formato de evaluación del PCI -1 (Carreteras con superficie asfáltica), Formatos de lectura y mediciones de campo, RNE.14 CE.010 PAVIMENTOS URBANOS DS N° 010-2010.

### 3.5 Procedimientos.

El proceso de evaluación del estado del asfalto, la primera corresponde el compromiso en la investigación, el que me permite identificar los daños de severidad y extensión de esta manera, el modelo de formato de prueba de pavimento asfáltico.

FIGURA 2. Formato de búsqueda de condición para carreteras con superficie asfáltica.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )		
INSPECCIONADA POR				FECHA		
No.	Daño		No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.		11	Parcheo.		
2	Exudación.		12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.		13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.		14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.		15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.		16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.		17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.		18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.		19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.					
<b>Daño</b>	<b>Severidad</b>	<b>Cantidades parciales</b>			<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>

Para vías de pavimento asfáltico y un espaciado de calzada menor de 7.3m la superficie de muestreo debe estar en un rango de 230+-93m<sup>2</sup>.

TABLA 2. Relación de muestreo.

Ancho de la calzada (m)	Longitud de unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.1

### Unidades de muestreo:

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \cdot (N-1) + \sigma^2} \quad (\text{Ec.1})$$

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo.

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

$\sigma$ : Desviación estándar PCI entre las unidades. 10 para pavimento asfáltico.

### Intervalos de muestreo:

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

i: Intervalo de muestreo, se aproxima al número entero inferior.

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades a evaluar.

Luego de recolectar los datos del primer paso seguiremos el patrón establecido en el cálculo del PCI.

Cuaderno de campo. Dispositivo que registra toda la información obtenida durante la inspección visual: fecha, ubicación, sección, sección transversal, tamaño de la unidad de muestra, tipos de defectos, gravedad y nombres de las personas responsables de la inspección.

Odómetro manual. La herramienta se utiliza para medir trayectos en vías.

Regla. Medir la imperfección del asfalto estudiado.

Conos de seguridad vial. Separación del espacio del camino en estudio, el tránsito sea de forma segura.

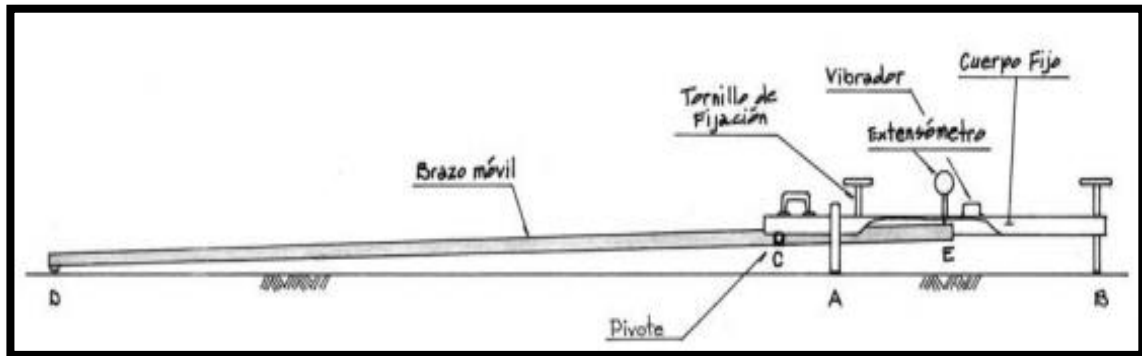
Plano de distribución. Se evalúa la opción de demarcación de la red de pavimentos.

Camión volquete de 8 ton, también conocido como Oscilante, se utiliza para realizar la vibración de tierras. Transporta cargas de hasta 20Ton. En este caso será empleado para la realización la evaluación del pavimento.

La medida de deflexiones utilizando la viga Benkelman se encuentra en el Manual de Carreteras.

Viga Benkelman. El instrumento de cálculo y desempeña como barrote.

FIGURA 3. Viga Benkelman.



La vigueta consta dos fragmentos. El primero consta de un tronco fijo apoyado en el suelo por terceto de las vigas, dos de los cuales son fijos "A" graduable en el punto "B". El segundo constituye de un oscilante móvil, sujeto a la rótula en el punto "C", un extremo de este brazo (DE) en el punto "D" está en el suelo, el otro extremado en contacto en punto "E".

Para comenzar a medir la deflexión utilizando el paquete Benkelman, es necesario especificar los puntos que se realizará en la medición. Se recomienda tomar puntos cada 50 o 100 metros, reemplazando con cada distancia;

TABLA 3. Distancia del punto de ensayo.

Ancho del 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



Formato leído y medición en campo para toma de datos utilizando vigas Benkelman y volquetes de 18,000 lb.

La Tabla 4 a continuación muestra el formato que se puede usar para registrar lecturas y mediciones de campo. La figura de las medidas de intensidad de campo corregidas en el modelo en la Tabla 5.

TABLA 4. Formato de lectura y mediciones de campo.

Estación (Km)	Carril	Lectura de campo (10 <sup>-3</sup> pulg)				Grosor de la cobertura asfáltica	Temperatura °C	Resultados			
								Deflexiones de campo (10 <sup>-2</sup> mm)			
		L <sub>25</sub>	L <sub>40</sub>	L <sub>70</sub>	L <sub>max</sub>			D <sub>25</sub>	D <sub>40</sub>	D <sub>70</sub>	D <sub>max</sub>
0+000											
0+050											
0+100											
0+150											
0+200											
0+250											
.											
.											
.											

TABLA 5. Formato de mediciones corregidas de campo.

Estación (Km)	Deflexiones corregidas (10 <sup>-2</sup> mm)				Temperatura °C
	D <sub>25</sub>	D <sub>40</sub>	D <sub>70</sub>	D <sub>max</sub>	
0+000					
0+050					
0+100					
0+150					
0+200					
0+250					
.					
.					
.					

### **3.6 Método de análisis de datos**

En la indagación obtenidos del documento se realizará técnicas visual y manual para la recolección de datos, su registro es manual y de forma ordenada a través de formatos utilizados para cada evaluación. El procesamiento utilizando los modelos establecidos por distintos métodos como el PCI y el modelo de Hogg. Donde se utilizarán fórmulas para llegar al resultado. El PCI se obtendrá el rango en que se encuentra el pavimento, mientras que en el modelo de hogg las deflexiones o deformaciones elásticas.

### **3.7 Aspectos éticos**

Este proyecto de indagación está elaborado con veracidad y autenticidad por el autor, cumpliendo con todos los requisitos establecidos por la universidad.

#### **IV. RESULTADOS**

Determinar los tipos de fallas existentes del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los algarrobos – Piura 2022. Aplicando el PCI.

Para la obtención de estos resultados realizamos los siguientes pasos que son necesarios para responder a nuestros objetivos; el procedimiento de inspección. Se basa en el análisis de cada unidad de muestra seleccionada. Registrando los 4 tramos, el número de sección, y el tipo de unidad de muestra. El tamaño de la unidad de muestra se mide con un odómetro el que permite determinar las inspecciones, los defectos y determinar el registro de su tamaño y gravedad.

Aplicación del método PCI para el cálculo de los pavimentos Flexibles. Después de obtener las fallas según el tipo y severidad, se suma la cantidad global de cada tipo de las fallas por cada nivel de severidad, registrándose en la columna “Total”

A menudo se usa m<sup>2</sup>, m, que representa las unidades que presenta cada tipo de falla.

Para obtener la frecuencia porcentual de cada tipo de falla y el nivel severidad, divida el número total por el área de la unidad de muestreo y multiplique el resultado por 100.

Use las curvas de valor derivadas para determinar el valor de conclusión (DV) y la severidad de cada tipo de defecto.

Determinar el valor máximo derivado (CDV) (Figura 4). Para ello debe hacer lo siguiente:

Si ninguno o sólo un valor derivado (DV) es mayor que dos. El valor total se usa en lugar del CDV máximo; de lo contrario, el CDV máximo se puede determinar cómo se describe a continuación.

Se debe crear la lista de valores deducidos individuales según el orden descendente.

Determinar el número de deducciones permitidas (m) utilizando la siguiente ecuación:

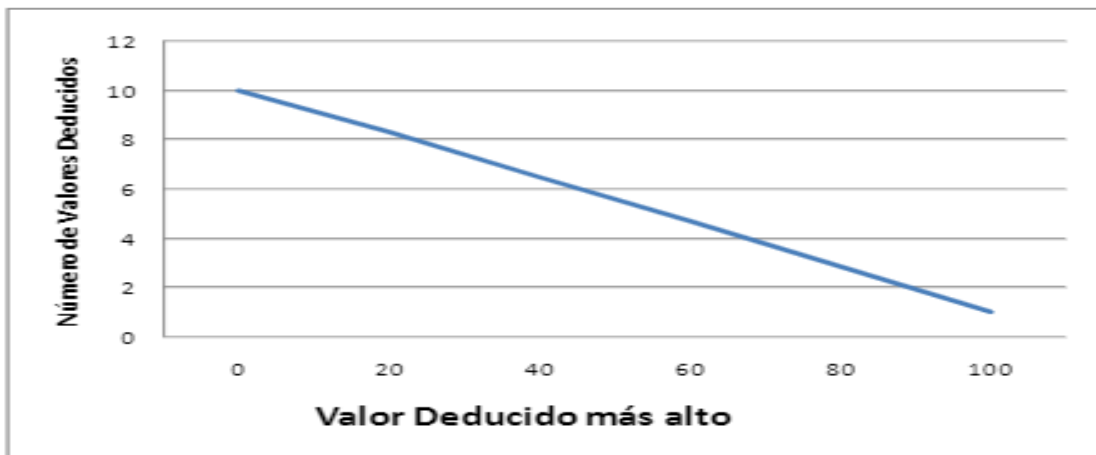
$$m = 1 + \left[\frac{9}{98}\right](100 - HDV) \leq 10 \quad (\text{Ec.3})$$

Dónde: m = número máximo de DV permitidos, incluidos los números fraccionarios (debe ser menor o igual a diez).

HDV = mayor valor derivado individual de la unidad de muestra.

El número de valores derivados individuales se reduce a los valores derivados máximos permitidos m, incluyendo la parte fraccionaria. Si varios valores derivados son menores que m, se deben usar todos.

FIGURA 4. Valor deducido más alto (CDV) vs. Número de valores deducidos(DV)

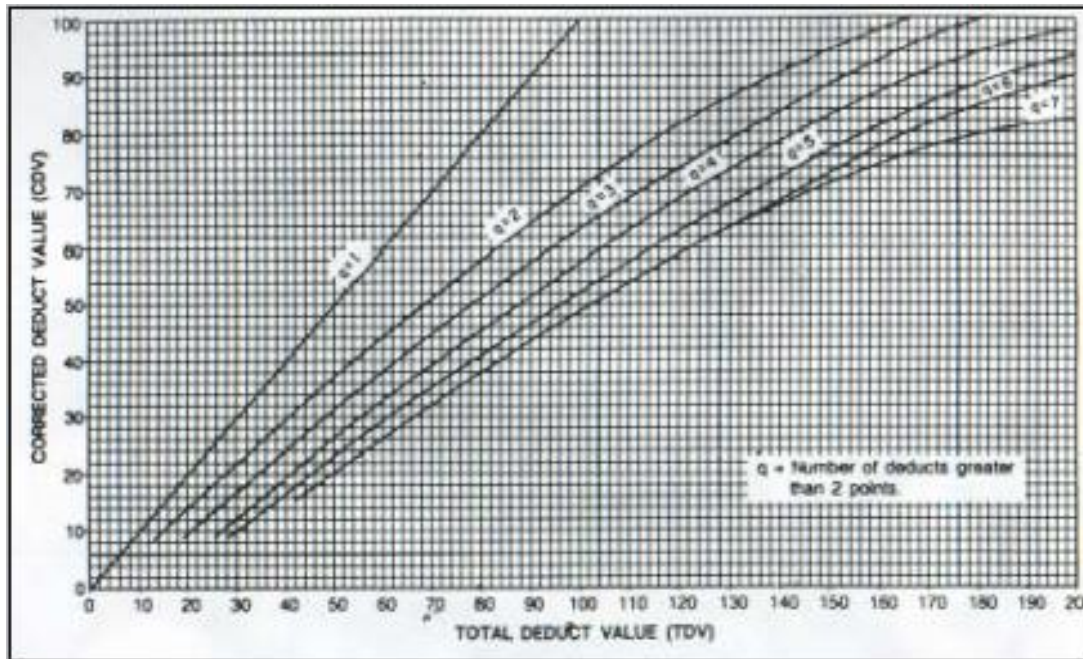


Determinar el Valor Total Deducible (CDT), este valor es la suma de los valores individuales de los deducibles.

Encuentra q como el número de valores derivados mayor que dos.

Determinar el valor de CDV de forma iterativa a partir CDT y q empleando las gráficas de corrección.(diagrama).

FIGURA 5. Corrección de los valores deducidos



El máximo CDV es el mayor.

El PCI se halla de la siguiente manera:

$$PCI = 100 - CDV_{max} \quad (Ec.5)$$

#### Cálculo del PCI Sección

Cuando las unidades de muestreo inspeccionadas se seleccionan aleatoriamente, el PCI fraccional (PCI) se calcula como el PCI ponderado del área en la que se ubican las unidades de muestreo (PCI<sub>r</sub>) utilizando la siguiente ecuación:

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} * A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (Ec.6)$$

Donde:

PCI<sub>r</sub> = PCI ponderado de un rango de unidades de muestreo

PCI<sub>ri</sub> = PCI de una unidad de muestreo aleatoria i.

A<sub>ai</sub> = área de la unidad de muestreo aleatorio i.

n = número de elementos en la muestra aleatoria probada.

Si hay unidades de muestra inspeccionadas adicionales, el PCI ponderado por área (PCI<sub>a</sub>) de las unidades inspeccionadas adicionales se calcula usando:

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} * A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad (\text{Ec.7})$$

El PCI de pavimentación se calcula con la siguiente ecuación:

$$PCI_s = \frac{PCI_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

PCI<sub>a</sub> = PCI ponderado por área de unidades de muestreo adicionales.

PCI<sub>ai</sub> = PCI de la unidad de muestreo adicional i.

A<sub>ai</sub> = área de la unidad de muestreo adicional i.

A = área de la sección.

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

PCI = Área de pavimento ponderada PCI.

Diagnóstico del estado del pavimento

Se realizó un análisis para determinar la capacidad superficial y funcional del pavimento, teniendo en cuenta la sección observada durante el trabajo de campo, debido a que se consideraron homogéneos en cuanto a construcción y tránsito. El análisis del tramo 1 consta de unidades de muestra que van desde U1 hasta U13, donde incluye la calle N, donde parte

del pavimento construida en 2006 y que hasta la fecha no ha recibido tratamiento referente al pavimento. La principal característica de esta calle son las numerosas ocurrencias de la falla tipo 19, correspondiente a la falla de desintegración.

TABLA 6. PCI de las unidades de muestras del tramo 1

UNIDAD DE MUESTRA	AREA	PCI
U1	210	33
U2	210	34
U3	210	30
U4	210	32
U5	210	21
U6	210	32
U7	210	35
U8	210	31
U9	210	20
U10	210	27
U11	210	25
U12	210	29
U13	210	22

Rango = 29

Clasificación = Malo

El índice de condición del pavimento de uno de ellos es 29, lo que indica una mala condición del pavimento. Este valor indica degradación y deformación significativa. Esta vía se encuentra en muy mal estado y tiene un índice de servicio al usuario muy bajo. Probablemente no queden residuos en el pavimento, pero esto solo puede determinarse con precisión mediante pruebas no destructivas y/o de degradación que se utilizarán más adelante.

### Análisis del tramo 2

La segunda sección consta de unidades de muestra que van desde U14 a U18 y cubre la Calle 2, que conecta la cuarta etapa con la quinta y sexta etapa. Además, cabe señalar que la frecuencia del tránsito es moderada, debido a que por este sector pasan buses urbanos. Esta calle se caracteriza por una falla de desprendimiento.

TABLA 7. PCI de las unidades de muestras del tramo 2

UNIDAD DE MUESTRA	AREA	PCI
U14	195	35
U15	195	22
U16	195	20
U17	195	32
U18	195	30

Rango = 28

Clasificación = Malo

El índice de condición del pavimento es 28, lo que representa una circunstancia del pavimento es mala. Este arrojo es índice de la concurrencia de desintegración y deformaciones importantes. Esta comunicación está mucho deteriorada y tiene muy bajo índice de servicio al usuario.

### Análisis del tramo 3

El tramo 3 están conformadas por las unidades de muestras que van desde la U19 incluso la U33 que abarca con la calle 2 que une la cuarta con la quinta y sexta etapa. Además, se rescata que el tránsito es de automóviles y buses.

Este pavimento se caracteriza por la concurrencia de la falta desprendimiento. Además, se observa la incidencia del drenaje, cuando llueve se forma lagunas de medianas proporciones y es probable que exista relación entre las deficiencias y las fallas encontradas



TABLA 8. PCI de las unidades de muestras del tramo 3

UNIDAD DE MUESTRA	AREA	PCI
U19	195	30
U20	195	34
U21	195	33
U22	195	35
U23	195	34
U24	195	36
U25	195	37
U26	195	40
U27	195	31
U28	195	38
U29	195	32
U30	195	30
U31	195	23
U32	195	22
U33	195	20

Rango = 32

Clasificación = Malo

El índice de condición del pavimento es de 32, lo que indica mal estado del pavimento. Este valor representa pavimentos con defectos estructurales y deformaciones. Tal situación es la ocurrencia de daños en el pavimento debido que las obras de mantenimiento y rehabilitación no se han ejecutado a su debido tiempo.

#### Análisis del tramo 4

Esta sección consta de unidades de muestra que van desde U34 a U43, incluye una sección de la Avenida de los Algarrobos que se construyó hace aproximadamente 8 años y no ha recibido ningún tipo de mantenimiento. Se caracteriza por fallas de huecos, parches y desprendimiento.

TABLA 9. PCI de las unidades de muestras del tramo 4

UNIDAD DE MUESTRA	AREA	PCI
U34	219	45
U35	219	40
U36	219	46
U37	219	48
U38	219	50
U39	219	36
U40	219	35
U41	219	40
U42	219	58
U43	219	60

Rango = 46

Clasificación = Regular

El índice de condición del pavimento es de 46, lo que indica una condición aceptable del pavimento. Tal situación es la ocurrencia de daños en el pavimento debido que no realizan mantenimiento y renovación. Es necesario la rehabilitación de intensidad.

Determinar las fallas estructurales del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022. Empleando la viga Benkelman.

La Evaluación de los pavimentos utilizando el equipo de la Viga Benkelman para determinar la deflexión recuperable y la curva de recuperación del retardo elástico de pavimentos flexibles sometidos a cargas estáticas. Para ello se utiliza un camión con carga, tamaño de cubiertas, distancia entre ruedas y presión estandarizados.

Una regla Benkelman con un extensómetro adecuado (0,01 mm y 12 mm de recorrido) y un camión de prueba con las siguientes características:

El eje trasero pesa 8.175 kg dividido en dos ruedas y está equipado con cámaras neumáticas y las llantas deben ser de 10.00" x 20"; 12 escuadrones a 5,6 kg/cm (80 lb por pulgadas cuadradas). La distancia entre los centros de las bandas de rodadura de ambos neumáticos de ambos pares de ruedas debe ser de 32 cm.

Para determinar la curva de recuperación de desaceleración elástica, se inicia un cronómetro justo cuando el camión comienza a moverse y se lee el elastómero cada 5 segundos, registrando todas las lecturas hasta que dos lecturas separadas por un intervalo de tiempo de 60 segundos no difieren en más de 0,01 milímetro. Cuando se cumple esta condición, la recuperación se considera completa, correspondiendo a la última lectura de la desviación de recuperación. Deflexión debida a una carga estática, que produce deflexiones que no pueden ser detectadas por el ojo humano pero que son registradas por medidores (calibre de deflexión 0.01 m) convenientemente espaciados como se muestra en la Figura 3.

## PERSONAL Y EQUIPOS EMPLEADOS

En la evaluación de la deflectometría participaron un técnico especial, 01 ayudante, 01 oficial de seguridad y un chofer con experiencia en conducción de camiones. El técnico es responsable de todas las cuestiones relacionadas con las mediciones.

FIGURA 6. Equipo de Benkelman en proceso de evaluación de pavimento.



## TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se realizó mediante un método no destructivo, determinando la deflexión con un dispositivo denominado viga Benkelman; que menciona en el “Manual Vial: Suelos y Pavimentos” en el Capítulo XII - Pavimentos Flexibles, Sección 12.4.6 Evaluación Estructural por Deflexiones”, indicando que las mediciones de deflexiones se realizan de acuerdo al MTC - Manual de Materiales EM. 2016 y como se describe en ASSTHO. T - 256 - 01

La evaluación se realizó con paradas para tomar medidas cada 25 metros por vía, el proceso de evaluación inicia luego de instalado el equipo; y la parte de la calzada a ensayar debe estar convenientemente marcada con la línea de dirección de la calzada. El punto mencionado se encuentra a cierta distancia del borde del pavimento y la rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto seleccionado quedando éste ubicado entre ambas llantas. Se coloca la regla sobre el pavimento, detrás del camión

perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la regla no roce con las cubiertas de la rueda dual y el flexímetro se ajusta de modo tal que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm, establecida la lectura inicial en cero, se hace avanzar suave y lentamente el camión hasta una distancia de 4 m aproximadamente. Y se realiza la determinación de la Deflexión recuperable, se lee el flexímetro cada 60 segundos, golpeándolo suavemente con un lápiz y cuando dos lecturas sucesivas no difieren en más de 0,01 mm se da por finalizada la recuperación del pavimento, registrándose la última lectura observada (L). Se apaga el vibrador y traba la regla, dando por finalizada la determinación de la Deflexión Recuperable.

FIGURA 7. Muestras del tramo cada 25 m.



## PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE DEFLECTOMETRÍA CORRECCIÓN DE TEMPERATURA

Los factores más importantes que afectan las deflexiones son la temperatura, la condición estructural de las capas del pavimento, la cantidad de carga del pavimento, etc.

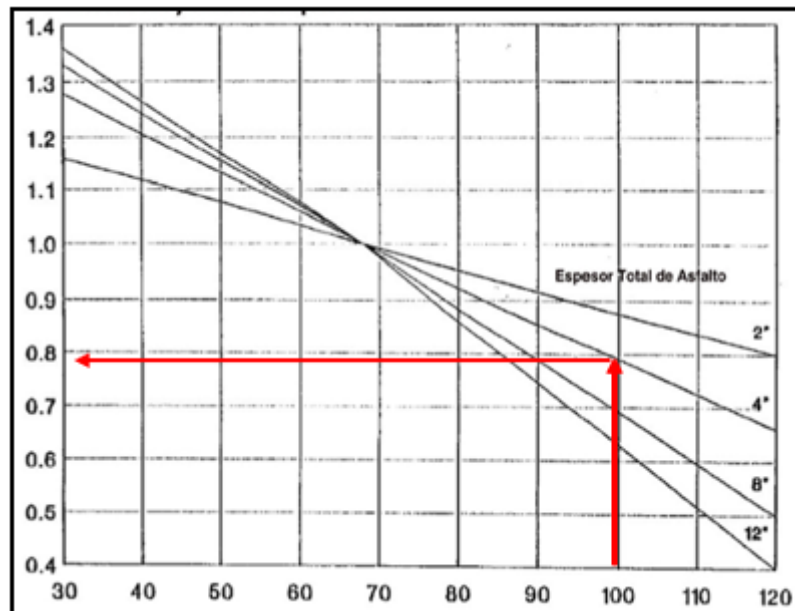
En el caso de la temperatura, la corrección se realiza multiplicando las mediciones de campo por un factor denominado "Factor de corrección de temperatura", se han realizado diversos estudios sobre este parámetro con resultados diferentes, pero que en conjunto muestran que a temperaturas más bajas en el campo debe corregirse por un factor mayor a 1,00 y al contrario que en las mediciones de campo si la temperatura es alta, debe corregirse por un factor menor a 1,00.

El concepto de corrección de temperatura surge del hecho de que las mediciones se pueden realizar desde el mismo lugar a diferentes temperaturas del pavimento, es decir. Se pueden realizar distintas medidas de deflexión desde un mismo punto dependiendo de la temperatura, cuanto menor sea la temperatura del pavimento. se comporta de manera más rígida, por lo tanto, tendremos deflexiones menores, a temperaturas más altas el comportamiento de la superficie de la carretera es más suave; por así decirlo, por lo que las desviaciones son mayores.

La Guía AASHTO considera este comportamiento físico para lo cual realiza diversas pruebas y experimentos; resultando en ecuaciones y tablas de corrección. En el análisis realizado utilizamos las fórmulas de la guía AASHTO (Guide for the Design of Pavement Structures 1993).

Las deflexiones ( $d_0$ ) en el centro de la placa de carga se corrigen a 20°C (aprox. de 68°F), el manual tiene dos situaciones para esta corrección, una es base granular o base asfáltica tratada, otra cuando su base granular es tratada con cemento y/o puzolana.

**FIGURA 8.** Grafica de corrección de temperatura Fuente: AASHTO Manual 93



La figura N° 8, muestra el método de corrección de temperatura, un ejemplo de su uso sería el siguiente; Para una capa de asfalto de 4 pulgadas de espesor medida en deflexión de campo a una temperatura de 98 °F (36,6 °C), el factor de corrección  $d_0$  sería 0,79, lo que significa que su temperatura corregida por deflexión sería de 77,40 °F (25,2 °C).

### CORRECCIÓN DE CARGA

En cuanto a la corrección de carga, este término se entiende como un factor que lleva las medidas (deflexiones) a un valor constante. La siguiente ecuación está disponible como factor de corrección recomendado por la Guía AASHTO (Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993):

$$\Delta i_r = \Delta i * \frac{Pr}{P} \quad (\text{Ec.1})$$

$\Delta i_r$  = Deflexión corregida para la carga de referencia de 40 KN

$\Delta i$  = Deflexión medida en campo si la carga es mayor o menor que la especificada.

$Pr$  = carga de referencia. (40 KN)

$P$  = carga que actúa en el ensayo

## RADIO DE CURVATURA

El radio de curvatura de una línea de flexión elástica es una propiedad fundamental que determina la cantidad de deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al doblarse bajo carga; considera las unidades y la distancia entre el centro y el segundo punto de medición (0,25 m).

$$R_c = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

Rc: Radio de curvatura, en metros, sin decimales.

D0: Deflexión en el centro de impacto, en 1/100 mm y sin decimales.

D25: Deflexión a 0,25 m aproximadamente, en 1/100 mm y sin decimales.

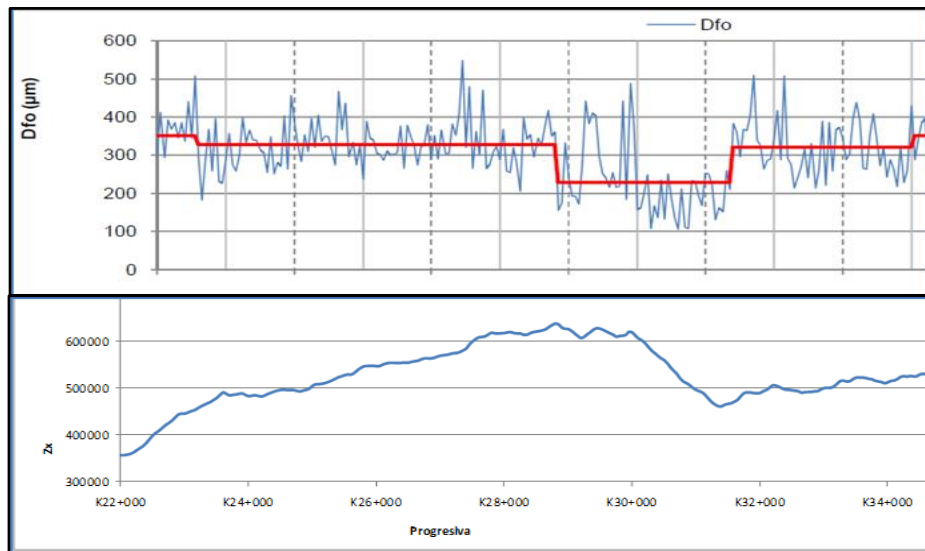
## DETERMINACIÓN DE SECTORES HOMOGÉNEOS Y CÁLCULO DE PARÁMETROS AMBIENTALES POR SECTOR

El método de diferencias finitas acumuladas presentado en la Guía AASHTO (Guide for the Design of Pavement Structures 1993) permite vincular unidades de campo de medición homogéneas de la superficie de la carretera. tales como tipo de pavimento, IRI, deflexión central, número estructural, Ahuellamiento, índice de fallas, suelo de fundación, entre otros.

La Tramificación del corredor se realizó mediante el procedimiento de diferentes fallas recolectadas, que constituye todo el proyecto de respuesta (diferencia entre el área bajo la curva de respuestas promedio a la misma distancia), se grafica como función de la distancia a lo largo del proyecto, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde cambia la pendiente de la línea que representa la variación Zx con la longitud.



FIGURA 9. Ejemplo de Sectorización.



Fuente: CONSULTGEOPAV.

Gráfico Zx correspondiente a la variable Dfo. Las líneas azules marcan el límite de los sectores homogéneos. Con base en la superposición de las variables, se determinó la distribución sectorial correspondiente y se realizó el procesamiento estadístico de los datos, resultando en resultados promedio para cada sector homogéneo definido. En cada sección se muestra un resumen de estos sectores y valores.

Los anexos describen los resultados de las desviaciones y la distribución sectorial de las partes evaluadas.

#### VALOR CARACTERÍSTICO DE LAS DEFLEXIONES

Para cada sección transversal homogénea se estima un valor representativo de las deflexiones, deflexión característica que bajo la premisa de que la variación normal de deflexiones toma el valor Dc, que se muestra de la siguiente manera,

$$Dc = X + Z * S \quad (Ec.3)$$

Donde:

Dc = Deflexión característica (micrones)

X = promedio de la deflexión característica (micrones)

Z = Variable en función a la importancia de la carretera.

S= Desviación Estándar (micrones).

Nota: Nota: En "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Sección Suelos y Pavimentos - R.D. N° 10-2014-MTC/14, Ítem 12.4.6.

Evaluación Estructural por Deflexiones

$$D_c = X + 1.036 * S \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

$D_c$  = Deflexión característica.

$X$  = promedio de la deflexión característica.

$Z$  = 1.036 (según manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos, R.D. N°10-2014-MTC/14).

$S$  = Desviación Estándar.

#### VALOR ADMISIBLE DE DEFLEXIÓN

La estructura típica de un pavimento en nuestro medio esta formada por una carpeta asfáltica, colocados sobre una base compacta y una base natural y capas de material seleccionado, cuyo propósito es distribuir las cargas del tráfico de tal manera que se generen presiones verticales a nivel de fundación sean menores a las admisibles por la estructura del pavimento.

La deflexión es el estándar utilizado para verificar el desempeño estructural de un pavimento. La deflexion admisible, la fórmula más utilizada es CONRREVIAL:

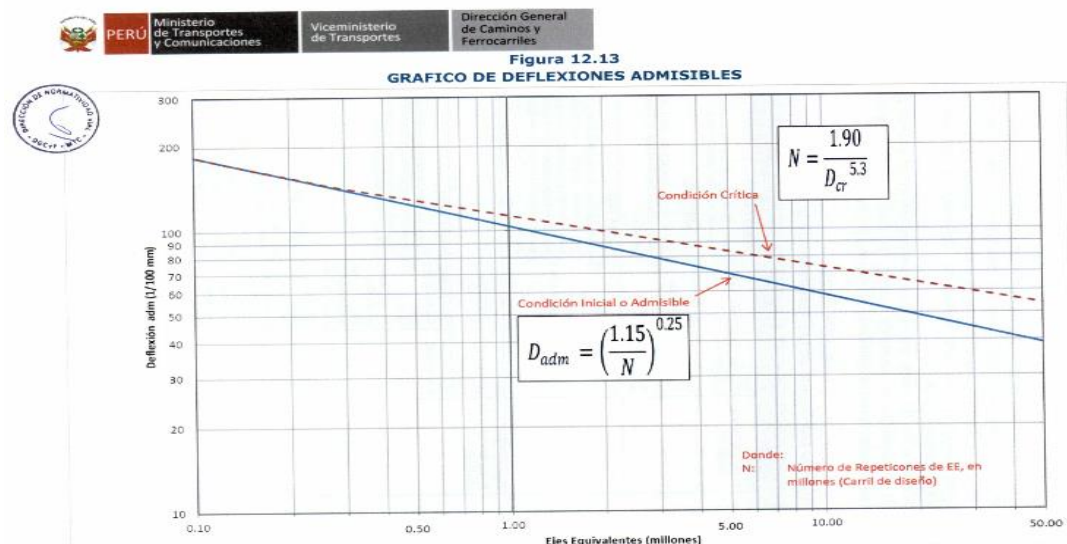
$$D_{\text{Admisible}} = (1.15/N)^{0.25} \quad (\text{Ec.5})$$

Como:

$D_{\text{Admisible}}$  = Deflexión Admisibles del Pavimento.

$N$  = Numero de Ejes equivalentes

FIGURA 10. Gráfico de Deflexiones Admisibles.



Fuente: Manual de Carreteras 2013.

Las deflexiones y admisibles se comparan con el análisis combinado de los resultados de la evaluación, lo que proporciona un conjunto de opciones a analizar para la determinación final de la capacidad estructural del pavimento existente en relación con el tráfico y las cargas cíclicas, para definir la estructura del pavimento; si requiere de una renovación superficial, o se encuentra fatigada y requiere un refuerzo estructural o requiere una reconstrucción parcial o total. (Manual de Carreteras, 2013).

Las cifras de crecimiento se determinan con base en los datos oficiales del Instituto de Estadística e Informática INEI, y la referencia se toma de referencia de una autopista cercana al área evaluada.

#### EVALUACIÓN ESTRUCTURAL TRAMO I

Dentro del tramo I está consignada la calle N visualizado en la imagen de apoyo satelital por el programa google earth desde el Km 00+000 hasta el Km 00+390.

Los resultados de la evaluación estructural del presente tramo, se obtuvo con los equipos y métodos utilizados para el análisis relacionado con el procesamiento de datos recolectados en campo y la información proporcionada por el consultor se describen en los párrafos anteriores.

Para el análisis de los parámetros descritos en los párrafos anteriores, a partir de los cuales se obtuvieron los datos de deflexión corregida a una temperatura corregida de 20 °C.

TABLA 10. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo I “del Km 00+000 – Km 00+390- Carril derecho.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: <b>DERECHO</b>			Camión:			Eje simple, llantas 10 x 20			Resp. Programa: <b>Ing° R.C.A</b>					
Capa Pav.: <b>CARPETA EXISTENTE</b>			Presión de Neum.:			80 psi			Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4			Fecha: <b>22/10/2022</b>		
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruc.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	Der.	4.00	40.0	20.0	16		64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
2	0+050	Der.	4.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
3	0+075	Der.	4.00	40.0	20.0	18		72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
4	0+100	Der.	4.00	40.0	20.0	9		36	40	9000	20.00	1.000	36.0	CUMPLE
5	0+125	Der.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
6	0+150	Der.	4.00	40.0	20.0	12		48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
7	0+175	Der.	4.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
8	0+200	Der.	4.00	40.0	20.0	12		48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
9	0+225	Der.	4.00	40.0	20.0	18		72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
10	0+250	Der.	4.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
11	0+275	Der.	4.00	40.0	20.0	16		64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
12	0+300	Der.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
13	0+325	Der.	4.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
14	0+350	Der.	4.00	40.0	20.0	15		60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE
15	0+375	Der.	4.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
16	0+390	Der.	4.00	40.0	20.0	12		48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°10, muestra los parámetros estadísticos obtenidos como resultado de la distribución sectorial de las diferencias acumuladas (sectores homogéneos), donde al calcular el valor característico, se puede apreciar que el valor de la desviación característica en relación a la desviación permisible. esta condición siempre existe ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por tanto, el tramo No Cumple.

TABLA 11. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo I “del Km 00+000 – Km 00+390- Carril Izquierdo.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA															
ASTM D 4695															
Carril: <u>IZQUIERDO</u>				Camión:				Eje simple, llantas 10 x 20				Resp. Programa: <u>Ing° R.C.A</u>			
Capa Pav.: <u>CARPETA EXISTENTE</u>				Presión de Neum.:				80 psi				Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4		Fecha: <u>22/10/2022</u>	
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones	
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)		
1	0+025	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE	
2	0+050	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	
3	0+075	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
4	0+100	lzq.	4.00	40.0	20.0	18		72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE	
5	0+125	lzq.	4.00	40.0	20.0	21		84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE	
6	0+150	lzq.	4.00	40.0	20.0	15		60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE	
7	0+175	lzq.	4.00	40.0	20.0	17		68	40	9000	20.00	1.000	68.0	NO CUMPLE	
8	0+200	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE	
9	0+225	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
10	0+250	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	
11	0+275	lzq.	4.00	40.0	20.0	23		92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE	
12	0+300	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
13	0+325	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE	
14	0+350	lzq.	4.00	40.0	20.0	18		72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE	
15	0+375	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE	
16	0+390	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°11, se muestran los parámetros estadísticos obtenidos como resultado de la división sectorial de las diferencias acumuladas (sectores homogéneos), de los cuales al calcular el valor característico se puede observar que el valor de la desviación característica está en relación con el permisible. la desviación siempre está ahí, esta condición ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por tanto, el tramo No cumple.

TRAMO II

TABLA 12. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo II “del Km 00+000 – Km 00+160- Carril Derecho.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: DERECHO			Camión:			Eje simple, llantas 10 x 20			Resp. Programa: Ing° R.C.A					
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE			Presión de Neum.:			80 psi			Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4			Fecha: 22/10/2015		
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
2	0+050	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
3	0+075	lzq.	4.00	40.0	20.0	24		96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
4	0+100	lzq.	4.00	40.0	20.0	23		92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
5	0+125	lzq.	4.00	40.0	20.0	25		100	40	9000	20.00	1.000	100.0	NO CUMPLE
6	0+150	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
7	0+160	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°12, se evalúan parámetros estadísticos con diferencias acumuladas producto de la división sectorial (sectores homogéneos), donde al calcular el valor propio se puede observar que el valor de la desviación propia con relación a la desviación permisible siempre presenta esta condición ( $D_{Característica} < D_{Admisible}$ ), por tanto, el tramo No cumple.

TABLA 13. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo II “del Km 00+000 – Km 00+160- Carril Izquierdo.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: <b>IZQUIERDO</b>			Camión: Eje simple, llantas 10 x 20			Resp. Programa: Ing° R.C.A								
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE			Presión de Neum.: 80 psi			Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4			Fecha: 22/10/2022					
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
2	0+050	lzq.	4.00	40.0	20.0	21		84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
3	0+075	lzq.	4.00	40.0	20.0	24		96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
4	0+100	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
5	0+125	lzq.	4.00	40.0	20.0	17		68	40	9000	20.00	1.000	68.0	NO CUMPLE
6	0+150	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
7	0+160	lzq.	4.00	40.0	20.0	24		96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°13, se evalúan parámetros estadísticos con diferencias acumuladas producto de la división sectorial (sectores homogéneos), donde al calcular el valor propio se observa que el valor de la desviación propia con relación a la desviación permisible siempre presenta esta condición ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por tanto, el tramo No cumple.

TRAMO III

TABLA 14. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo III “del Km 00+000 – Km 00+460- Carril Derecho.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: DERECHO		Camión: Eje simple, llantas 10 x 20		Resp. Programa: Ing° R.C.A										
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE		Presión de Neum.: 80 psi		Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4		Fecha: 22/10/2022								
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones	
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)		
1	0+050	Der.	4.00	40.0	20.0	15	60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE	
2	0+100	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	
3	0+125	Der.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE	
4	0+150	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
5	0+175	Der.	4.00	40.0	20.0	25	100	40	9000	20.00	1.000	100.0	NO CUMPLE	
6	0+200	Der.	4.00	40.0	20.0	24	96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE	
7	0+225	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
8	0+250	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	
9	0+275	Der.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE	
10	0+300	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE	
11	0+325	Der.	4.00	40.0	20.0	16	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE	
12	0+350	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	
13	0+375	Der.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE	
14	0+400	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE	
15	0+425	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE	
16	0+450	Der.	4.00	40.0	20.0	24	96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE	
17	0+460	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE	

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°14, se evalúan parámetros estadísticos con diferencias acumuladas producto de la división sectorial (sectores homogéneos), donde al calcular el valor propio se puede observar que el valor de la desviación propia con relación a la desviación permisible siempre presenta esta condición ( $D_{Característica} < D_{Admisible}$ ), por tanto, el tramo No cumple.



TABLA 15. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo III “del Km 00+000 – Km 00+460- Carril Izquierdo.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: <b>IZQUIERDO</b>		Camión:		Eje simple, Bantas 10 x 20		Resp. Programa: Ing° R.C.A								
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE		Presión de Neum.:		80 psi		Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4		Fecha: 22/10/2022						
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+050	lzq.	4.00	40.0	20.0	16		64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
2	0+100	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
3	0+125	lzq.	4.00	40.0	20.0	25		100	40	9000	20.00	1.000	100.0	NO CUMPLE
4	0+150	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
5	0+175	lzq.	4.00	40.0	20.0	24		96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
6	0+200	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
7	0+225	lzq.	4.00	40.0	20.0	18		72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
8	0+250	lzq.	4.00	40.0	20.0	16		64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
9	0+275	lzq.	4.00	40.0	20.0	21		84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
10	0+300	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
11	0+325	lzq.	4.00	40.0	20.0	26		104	40	9000	20.00	1.000	104.0	NO CUMPLE
12	0+350	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
13	0+375	lzq.	4.00	40.0	20.0	21		84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
14	0+400	lzq.	4.00	40.0	20.0	22		88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
15	0+425	lzq.	4.00	40.0	20.0	23		92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
16	0+450	lzq.	4.00	40.0	20.0	20		80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
17	0+460	lzq.	4.00	40.0	20.0	19		76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE

<b>Deflex.Máx</b> <b>(0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°15, se muestran los parámetros estadísticos obtenidos como resultado de la división sectorial de las diferencias acumuladas (sectores homogéneos), donde al calcular el valor característico se puede apreciar que el valor de la desviación característica con relación a la desviación permisible. siempre presenta esta condición ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por tanto, el tramo No cumple.

TRAMO IV

TABLA 16. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo IV “del Km 00+000 – Km 00+300- Carril Derecho.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: <b>DERECHO</b>			Camión:			Eje simple, llantas 10 x 20			Resp. Programa: Ing° R.C.A					
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE			Presión de Neum.:			80 psi			Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4			Fecha: 22/10/2022		
N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	Der.	20.00	40.0	20.0	12		48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
2	0+050	Der.	20.00	40.0	20.0	10		40	40	9000	20.00	1.000	40.0	CUMPLE
3	0+075	Der.	20.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
4	0+100	Der.	20.00	40.0	20.0	10		40	40	9000	20.00	1.000	40.0	CUMPLE
5	0+125	Der.	20.00	40.0	20.0	12		48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
6	0+150	Der.	20.00	40.0	20.0	15		60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE
7	0+175	Der.	20.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
8	0+200	Der.	20.00	40.0	20.0	10		40	40	9000	20.00	1.000	40.0	CUMPLE
9	0+225	Der.	20.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
10	0+250	Der.	20.00	40.0	20.0	9		36	40	9000	20.00	1.000	36.0	CUMPLE
11	0+275	Der.	20.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
12	0+300	Der.	20.00	40.0	20.0	15		60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°16, muestra los parámetros estadísticos obtenidos como resultado de la distribución sectorial de las diferencias acumuladas (sectores homogéneos), de los cuales, al calcular el valor característico, se puede observar que el valor de la desviación característica frente a la desviación permisible. Esta condición siempre está presente ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por lo que decimos que los valores de cumplimiento tienen tantos que no coinciden, el tramo está en estado regular.

TABLA 17. Valor de la Deflexión Admisible, Tramo IV “del Km 00+000 – Km 00+300- Carril Izquierdo.

EVALUACION DEFLECTOMETRICA														
ASTM D 4695														
Carril: <b>IZQUIERDO</b>			Camión:			Eje simple, llantas 10 x 20			Resp. Programa: Ing <sup>o</sup> R.C.A					
Capa Pav.: CARPETA EXISTENTE			Presión de Neum.:			80 psi			Viga Doble: Relacion de Brazos 1/4			Fecha: 22/10/2022		
Nº	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)					NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (Do)		D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	lzq.	20.00	40.0	20.0	16		64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
2	0+050	lzq.	20.00	40.0	20.0	8		32	40	9000	20.00	1.000	32.0	CUMPLE
3	0+075	lzq.	20.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
4	0+100	lzq.	20.00	40.0	20.0	11		44	40	9000	20.00	1.000	44.0	CUMPLE
5	0+125	lzq.	20.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
6	0+150	lzq.	20.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
7	0+175	lzq.	20.00	40.0	20.0	10		40	40	9000	20.00	1.000	40.0	CUMPLE
8	0+200	lzq.	20.00	40.0	20.0	13		52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
9	0+225	lzq.	20.00	40.0	20.0	11		44	40	9000	20.00	1.000	44.0	CUMPLE
10	0+250	lzq.	20.00	40.0	20.0	10		40	40	9000	20.00	1.000	40.0	CUMPLE
11	0+275	lzq.	20.00	40.0	20.0	14		56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
12	0+300	lzq.	20.00	40.0	20.0	15		60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE

<b>Deflex.Máx (0.01m m)</b>
48.9

En la Tabla N°17, se evalúan parámetros estadísticos con diferencias acumuladas producto de la distribución sectorial (sectores homogéneos), donde para el cálculo del valor característico se observa que el valor de la desviación característica con relación a la desviación admisible siempre presenta esta condición. ( $D_{\text{Característica}} < D_{\text{Admisible}}$ ), por tanto, el tramo No cumple ya que estos tienen más cantidad a los de cumplimiento.

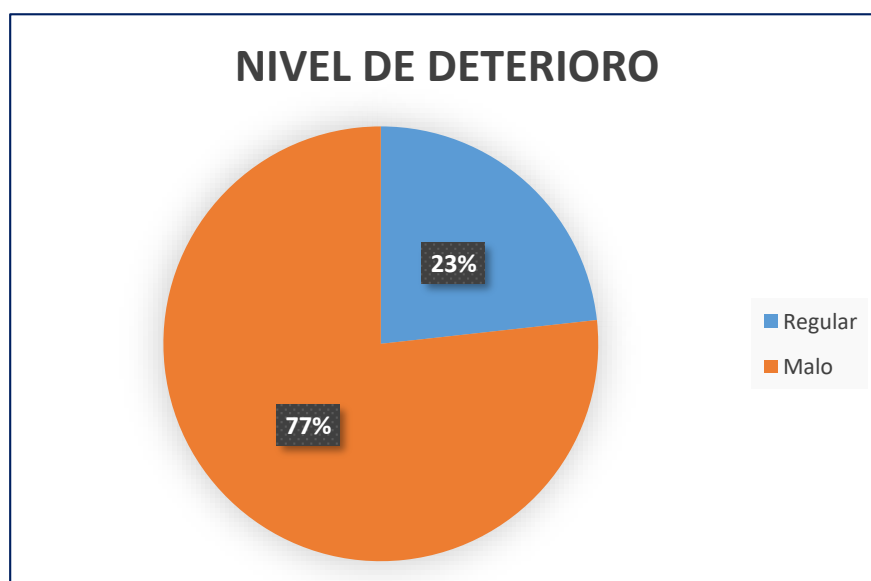
Determinar el nivel de deterioro del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022.

TABLA 18. Nivel de Deterioro.

Unidades de Muestra	NIVEL DE DETERIORO	Bueno	Regular	Malo
43	TRAMO I,II,III	0	0	33
	TRAMO IV	0	10	0
	Total		10	33

Fuente: Propio.

FIGURA 11. Porcentajes de nivel de deterioro del pavimento.



De acuerdo a los resultados anteriores, en este proyecto se obtuvieron niveles de deterioros de los tramos de muestra evaluados, se observa que el 77% del pavimento estudiado se encuentra en el mal estado, y el 23% del tramo restante es regular.

La calidad y la vida útil del pavimento se deterioran en parte debido a la carga de tráfico y las condiciones climáticas.

De los análisis realizados se puede concluir que existen defectos e irregularidades debido a las características del pavimento actualmente desgastado, que requieren una intervención inmediata a nivel de la capa superficial. En el análisis estructural encontramos que el valor de la vía actualmente es 48.9% de la deflexión permitida. Para los COEFICIENTES DE CRECIMIENTO ANUALES del período de planificación se utilizaron en los cálculos de análisis estructural  $z=10$  años.

La evaluación del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del AH. Los Algarrobos – Piura 2022

La evaluación estructural y superficial se encontró que la vía actualmente se encuentra en un “mal” estado en la mayoría de las partes examinadas, de acuerdo a la parte estructural se encuentra que los tramos estudiados, es mayor a la deflexión admisible, la cual es 48.9. %, los puntos críticos se ubican en el progresivo km 0 +00 a km 0 + 1010, encontrando las mayores desviaciones. Sobre la base de una evaluación del curso de las pruebas del método PCI, se concluye que; Según el método PCI, la vía recibió un puntaje promedio de 34, lo que corresponde a una mala clasificación que pertenece a la categoría de pavimento viejo y degradado.

## V. DISCUSIÓN

Determinar los tipos de fallas existentes del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022. Aplicando el PCI.

En cuanto a la tesis de Rivas y Vargas (2017), se coincide que la aplicación de la metodología en el PCI se minimizan costos y tiempo para encontrar la mejor opción de rehabilitación; Para ello se utilizó la técnica de inspección visual desarrollada en este estudio, la cual se reflejó en los formatos de evaluación y finalmente se obtuvo el PCI de la muestra evaluada. De igual manera se aplicó la metodología PCI de pavimento flexible, siguiendo el procedimiento establecido, tanto en la toma de datos, procesamiento y análisis según el tipo de pavimento investigado.

El registro de daños con metodología PCI obtenidas de las etapas quinta y sexta etapa, nivel de protección de la cubierta flexible. Este registro encontrado en esta investigación, podemos afirmar que la hipótesis planteada es válida, pues utilizando la metodología PCI para encontrar los defectos existentes se obtiene el estado de conservación del pavimento esta información se sustentó a través de investigaciones que sustentan la respuesta del objetivo. Además, es importante precisar que se encontraron un total de 6 fallas como, desintegración, parcheo, ahuellamiento, huecos, depresión y piel de cocodrilo que el método refiere, donde se presentan tablas generales indicando los índices de condición del pavimento (PCI) estudiado.

Determinar las fallas estructurales del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022. Empleando la viga Benkelman.

Zapata (2017), en su investigación denominada Evaluación Estructural usando vigas Benkelman aplicadas a pavimentos, tiene como objetivo proponer la apertura de un plan de evaluación para mejorar el pavimento, tomando como partida es evaluar la estructura usando la viga Benkelman. Los datos obtenidos, utilizando la viga, que indica un estudio donde se realizan comprobaciones de deflexión, empleando un modelo Hogg.

Fundamentando la información recolectada se puede afirmar que los datos obtenidos en mi investigación en las calles de la quinta y sexta etapa de los

algarrobos, utilizando el método hogg se obtiene que el tramo 1, tramo 2, tramo 3 y por último tramo 4, presentan deficiencias en toda la carpeta estructural (no cumple con las deflexiones) obtenido en las plantillas aplicados por el laboratorio CONSULTEOGEOPAV.

Determinar el nivel de deterioro del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del A.H. Los Algarrobos – Piura 2022.

Monsalve, A (2012), en su investigación permite evaluar que la frecuencia constante del tráfico, presión de contacto, velocidad vehicular distorsionan el pavimento flexible. Entre otros la temperatura, la humedad, la lluvia, la radiación solar, la velocidad del viento y la humedad afectan el deterioro del pavimento. Como otro factor encontramos que los neumáticos de los vehículos distribuidos en la zona de contacto provocan defectos superficiales. Como resultado, las grietas y las huellas de los neumáticos cambian la forma de la capa de pavimento. El movimiento de las ruedas provoca esfuerzos de tracción hasta que se producen defectos superficiales como daños, manchas, rebajes, agujeros, hoyos y piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados. La carga de tráfico de vehículos y los factores climáticos debilitan la superficie de la carretera y empeoran el tráfico. La transitabilidad en el pavimento flexible de la quinta y sexta se halló: el 77% del pavimento estudiado se encuentra en el mal estado, y el 23% del tramo restante es regular. En consiguiente a los resultados obtenidos se puede afirmar que el pavimento está deteriorado por los grandes índices de porcentajes que se visualiza en la figura N°11.

Realizar la evaluación del pavimento flexible de la quinta y sexta etapa del AH. Los Algarrobos – Piura 2022

La evaluación realizada en el pavimento flexible de la etapa quinta y sexta utilizando el método del PCI y la Viga Benkelman obtenemos que su rango es de 34, y su clasificación es mala, el segundo proceso utilizando la viga Benkelman según los resultados no cumple con la deflexión máxima admisible; en conclusión afirmamos que el pavimento evaluado necesita una reconstrucción total ya que los resultados están en nivel por debajo de lo estipulado presentados en las metodologías y manuales correspondiente.

## VI. CONCLUSIONES

Se concluye el estado de la red del pavimento flexible de la quinta y sexta que consta de 4 tramos que varían de 160 a 460 metros lineales. El tramo 1 cuenta con 390 metros lineales, mientras que el tramo 2 tiene una longitud de 160 metros lineales, así mismo el tramo 3 cuenta con 460 metros y por último el tramo 4 con 300 metros lineales. Se examinaron un total de 43 elementos de muestra obteniendo los siguientes resultados (Tablas 6,7,8,9): El 23.26% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI de 46); en estado malo un porcentaje de 76.74 (PCI entre 28 y 32). Donde se encontraron un total de 6 fallas como, desintegración, parcheo, ahuellamiento, huecos, depresión y piel de cocodrilo, Las fallas más habituales encontradas son la, desintegración, huecos y hundimientos, ambas de nivel de severidad alto.

De la evaluación estructural realizada en las calles quinta y sexta etapa de los algarrobos, a través del ensayo no destructivo utilizando la viga benkelman como herramienta de estudio, tenemos que todo el tramo estudiado presenta deficiencias en toda la carpeta estructural (no cumple con las deflexiones máximas), ya que reduce la capacidad de cargar por la cual fue diseñada.

Dentro del nivel de deterioro, según indicado en los resultados del trabajo de investigación. las áreas donde se realizaron las muestras de evaluación entre la quinta y sexta, los tramos I, II, III nos da una clasificación de un Pavimento Malo, con respecto al Tramo IV donde nos da una clasificación de un Pavimento regular. El cual determina lo siguiente que el 77% del pavimento estudiado se encuentra en el mal estado, y el 23% del tramo restante es regular.

La evaluación realizada al pavimento perteneciente a las etapas quinta y sexta del AA. HH Los algarrobos por los resultados a través del método PCI dando un rango de 34 y el ensayo no destructivo con una deflexión admisible de 48.9%, concluimos que este se encuentra a nivel de deterioro, por consiguiente, determinamos que ya no cuenta con vida útil.



## **VII. RECOMENDACIONES**

El índice de condición del pavimento y la aplicación de metodologías de ensayos no destructivos a través de la viga Benkelman son métodos de evaluación de pavimentos bastante efectivos, y se recomiendan más investigaciones e informes sobre estos métodos.

Se recomienda que las metodologías desarrolladas en esta investigación sean ampliamente utilizadas y enseñadas, partiendo de las diversas universidades, para que las metodologías ya descritas puedan ser aplicadas sin dificultad.

Mientras que el pavimento se encuentre en funcionamiento tienen que realizarle mantenimientos repentinos, para que tengan más utilidad y cumplan con el tiempo por la cual fue diseñado, la rehabilitación o reconstrucción total del pavimento también es una opción para mejorar la transitabilidad de las calles. Y por último la realización de un nuevo diseño de pavimento.

## REFERENCIAS

Timana Rodríguez, Julio (2018), "Evaluación de Pavimento Flexible en Avenida Caracas. Ecuador" En esta investigación, Av. La acera de Caracas. (tesis para optar título de ingeniero civil. Universidad de Ecuador.

Escobar Aguirre, Kerin; García García, Alberto & Guzmán López, Carlos Rolando (2007) *Análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga Benkelman y el deflectómetro de impacto Falling Weight Deflectómetro, FWD*. Doctorado en Ingenierías tesis, Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4512>

Huaccha, C. J. (2019). Evaluación del pavimento flexible de la Av. Mario Urteaga mediante el rugosímetro de Merlín y el método PCI para determinar el estado de condición del pavimento, 2017 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/14987>

Correa, M. y Del Carpio, L. (2019). Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4162>

Rabanal, J. E. (2014) Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014 Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/5511>

Arones Tuesta, Manuel Alejandro (2018) Evaluación del pavimento flexible de la avenida La Marina entre avenidas 28 de Julio y Los Rosales en Punchana Universidad Científica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería Título Profesional Ingeniería Civil <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/5511?show=full&locale-attribute=es>

Gonzales C, (2011), Aplicación del método PCI en el diagnóstico de la condición del pavimento flexible en la autopista Wallace Casma, para optar el título de ingeniería civil.

Balarezo, J. (2017). Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. Ed. universidad Nacional de Piura <https://hdl.handle.net/11042/3135>

[https://www.construmatica.com/construpedia/Cami%C3%B3n\\_Volquete](https://www.construmatica.com/construpedia/Cami%C3%B3n_Volquete).

Gonzales Chávez, C. S. (2015). Fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur, cajamarca, 2015. cajamarca.

Leguia Loarte, P. B., & Pacheco Risco, H. F. (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) en las vías arteriales: cincuentenario, colón y miguel grau (huacho-huaura-lima). Lima.

León Rodríguez, C. (2017). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible del jr. chanchamayo desde la cuadra 9 a la 14. por el método: índice de condición de pavimentos. Cajamarca.

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2015). Logros Red Vial. Obtenido de MTC: [http://www.mtc.gob.pe/logros\\_red\\_vial.htm](http://www.mtc.gob.pe/logros_red_vial.htm)

Miranda Rebolledo, R. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Chile.

Rodríguez, P. (2015). MANUAL DEL USUARIO MERLINER™. Lima: Camineros.

Sachún Quispe, J. (2016). Estudio del índice de rugosidad internacional de la panamericana norte - zona trujillo, para su mantenimiento. Trujillo.

SENCICO. (2010). CE.010 PAVIMENTOS URBANOS. Lima. 26. Sierra, L. (16 de Junio de 2017). [www.datospdf.com](http://www.datospdf.com). Obtenido de [www.datospdf.com](http://www.datospdf.com): [https://datospdf.com/download/informe-evaluacion-derugosidad-1-\\_5a4bc27db7d7bcb74fc92805\\_pdf](https://datospdf.com/download/informe-evaluacion-derugosidad-1-_5a4bc27db7d7bcb74fc92805_pdf) 27. Solminihac Tampier, H. (2001).

Solminihac, T.-H. d. (2001). Gestión de infraestructura vial 2ª ed. en h. s. t, gestión de infraestructura vial 2ª. Chile. 28. TV Perú. (23 de Mayo de 2015). <http://www.tvperu.gob.pe>. Obtenido de <http://www.tvperu.gob.pe:informa/nacional/cajamarcarenovaran-pavimento-calles-ciudad>

Vásquez Varela, L. R. (2002). Manual PCI. Manizales. 30. Vidal Asencios, D. (2016).

Sierra, L. (16 de Junio de 2017). [www.datospdf.com](http://www.datospdf.com). Obtenido de [www.datospdf.com](http://www.datospdf.com): [https://datospdf.com/download/informe-evaluacion-derugosidad-1-5a4bc27db7d7bcb74fc92805\\_pdf](https://datospdf.com/download/informe-evaluacion-derugosidad-1-5a4bc27db7d7bcb74fc92805_pdf)

Solminihac Tampier, H. (2001). 39. Solminihac, T.-H. d. (2001). Gestión de infraestructura vial 2ª ed. en h. s. t, gestión de infraestructura vial 2ª. Chile.

TV Perú. (23 de Mayo de 2015). <http://www.tvperu.gob.pe>. Obtenido de <http://www.tvperu.gob.pe>: <http://www.tvperu.gob.pe:informa/nacional/cajamarcarenovaran-pavimento-calles-ciudad>

Vidal Asencios, D. (2016). Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante smartphone y un método tradicional. Lima.

Watanatada, T, Paterson, W, & Bhandari, A. (1987). The Highway Design and Maintenance Standards Model. Boltimore.

“Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos - R.D. N° 10-2014-MTC/14

Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, Capitulo XII-Pavimentos Flexibles.

AASHTO (Guide for Design of Pavement Structures 1993).

RNE.14 CE.010 PAVIMENTOS URBANOS DS N° 010-2010.

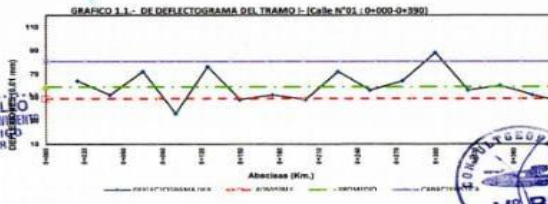
# ANEXOS



PROYECTO: **EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022**  
 TRAMO: **TRAMO I - (Calle N°01 : 0+000-0+390)**  
 SOLICITANTE: **Sandoval Baltazar, Carlos Antony**  
 EJECUTA: **EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
**ASTM D 4695**

N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruc.	Lectura Dial (De)	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	Der.	4.00	40.0	20.0	16	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
2	0+050	Der.	4.00	40.0	20.0	13	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
3	0+075	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
4	0+100	Der.	4.00	40.0	20.0	9	36	40	9000	20.00	1.000	36.0	CUMPLE
5	0+125	Der.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
6	0+150	Der.	4.00	40.0	20.0	12	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
7	0+175	Der.	4.00	40.0	20.0	13	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
8	0+200	Der.	4.00	40.0	20.0	12	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE
9	0+225	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
10	0+250	Der.	4.00	40.0	20.0	14	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
11	0+275	Der.	4.00	40.0	20.0	16	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
12	0+300	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
13	0+325	Der.	4.00	40.0	20.0	14	56	40	9000	20.00	1.000	56.0	NO CUMPLE
14	0+350	Der.	4.00	40.0	20.0	15	60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE
15	0+375	Der.	4.00	40.0	20.0	13	52	40	9000	20.00	1.000	52.0	NO CUMPLE
16	0+380	Der.	4.00	40.0	20.0	12	48	40	9000	20.00	1.000	48.0	CUMPLE

MANUEL CASTRO GARCIA  
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SERVICIO CODIGO 11-0530-08  
 05050001-142



**CUADRO ESTADISTICO**

Parámetro	Valores Máx (0.01 mm)	RANK (01 Abst)
Especificación	48.0	2.02E+07
Número de Ensayos	16.0	
Suma de Valores	944	
Promedio	58.9	
Desviación Estándar	15.1	
Varianza	171.7	
Coficiente de Variación	22.2	
Valor Mínimo	36	
Valor Máximo	88	
Deflexión Característica	60.6	

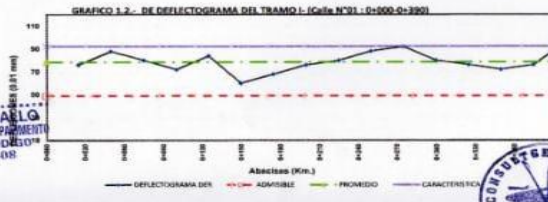
ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 05050001-142 Reg. C.º N° 85077



PROYECTO: **EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022**  
 TRAMO: **TRAMO I - (Calle N°01 : 0+000-0+390)**  
 SOLICITANTE: **Sandoval Baltazar, Carlos Antony**  
 EJECUTA: **EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
**ASTM D 4695**

N°	Progr. (km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruc.	Lectura Dial (De)	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+025	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
2	0+050	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
3	0+075	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
4	0+100	Izq.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
5	0+125	Izq.	4.00	40.0	20.0	21	84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
6	0+150	Izq.	4.00	40.0	20.0	15	60	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE
7	0+175	Izq.	4.00	40.0	20.0	17	68	40	9000	20.00	1.000	68.0	NO CUMPLE
8	0+200	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
9	0+225	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
10	0+250	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
11	0+275	Izq.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
12	0+300	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
13	0+325	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
14	0+350	Izq.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
15	0+375	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
16	0+380	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE

MANUEL CASTRO GARCIA  
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SERVICIO CODIGO 11-0530-08  
 05050001-142



**CUADRO ESTADISTICO**

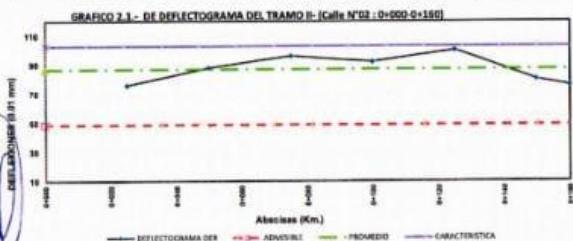
Parámetro	Valores Máx (0.01 mm)	RANK (01 Abst)
Especificación	48.0	2.02E+07
Número de Ensayos	16.0	
Suma de Valores	1256	
Promedio	78.5	
Desviación Estándar	8.4	
Varianza	70.1	
Coficiente de Variación	10.7	
Valor Mínimo	60	
Valor Máximo	92	
Deflexión Característica	62.3	

ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 05050001-142 Reg. C.º N° 85077

**PROYECTO:** EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022  
**TRAMO :** TRAMO II - (Calle N°02 : 0+000-0+160)  
**SOLICITANTE:** Sandoval Baltazar, Carlos Antony  
**FECHA:**

**EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
 ASTM D 4695

N°	Progr. (km)	Lado	s (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruc.	Lectura Dial (Do)	D <sub>1</sub> (0,01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0,01 mm)	
1	0+025	izq.	4,00	40,0	20,0	19	75	40	9000	26,30	1,000	75,0	NO CUMPLE
2	0+050	izq.	4,00	40,0	20,0	22	68	40	9000	26,30	1,000	68,0	NO CUMPLE
3	0+075	izq.	4,00	40,0	20,0	24	96	40	9000	26,30	1,000	96,0	NO CUMPLE
4	0+100	izq.	4,00	40,0	20,0	23	62	40	9000	26,30	1,000	62,0	NO CUMPLE
5	0+125	izq.	4,00	40,0	20,0	25	100	40	9000	26,30	1,000	100,0	NO CUMPLE
6	0+150	izq.	4,00	40,0	20,0	20	80	40	9000	26,30	1,000	80,0	NO CUMPLE
7	0+160	izq.	4,00	40,0	20,0	19	76	40	9000	26,30	1,000	76,0	NO CUMPLE



**CUADRO ESTADISTICO**

Parametro	Deflect.Más (0,01 mm)	RAIS (0R Años)
Especificación	43,9	2,02E+07
Número de Ensayos	7,0	
Suma de Valores	608	
Promedio	86,9	
Desviación Estándar	9,7	
Varianza	94,5	
Coefficiente de Variación	11,2	
Valor Mínimo	76	
Valor Máximo	100	
Deflexión Característica	102,9	

**MANUEL CASTRO GALLO**  
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SERVICIO CODIGO  
 P1-0530-08

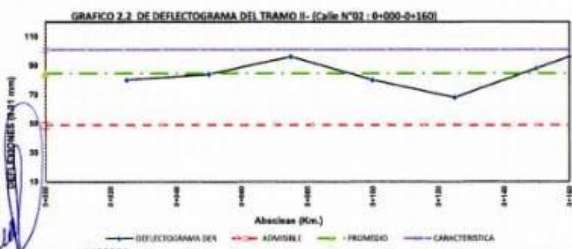


**ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 R.O.S. N° 95077

**PROYECTO:** EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022  
**TRAMO :** TRAMO II - (Calle N°02 : 0+000-0+160)  
**SOLICITANTE:** Sandoval Baltazar, Carlos Antony  
**FECHA:**

**EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
 ASTM D 4695

N°	Progr. (km)	Lado	s (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruc.	Lectura Dial (Do)	D <sub>1</sub> (0,01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0,01 mm)	
1	0+025	izq.	4,00	40,0	20,0	20	80	40	9000	20,09	1,000	80,0	NO CUMPLE
2	0+050	izq.	4,00	40,0	20,0	21	84	40	9000	20,09	1,000	84,0	NO CUMPLE
3	0+075	izq.	4,00	40,0	20,0	24	96	40	9000	20,09	1,000	96,0	NO CUMPLE
4	0+100	izq.	4,00	40,0	20,0	20	80	40	9000	20,09	1,000	80,0	NO CUMPLE
5	0+125	izq.	4,00	40,0	20,0	17	68	40	9000	20,09	1,000	68,0	NO CUMPLE
6	0+150	izq.	4,00	40,0	20,0	22	88	40	9000	20,09	1,000	88,0	NO CUMPLE
7	0+160	izq.	4,00	40,0	20,0	24	96	40	9000	20,09	1,000	96,0	NO CUMPLE



**CUADRO ESTADISTICO**

Parametro	Deflect.Más (0,01 mm)	RAIS (0R Años)
Especificación	43,9	2,02E+07
Número de Ensayos	7,0	
Suma de Valores	592	
Promedio	84,6	
Desviación Estándar	9,5	
Varianza	90,3	
Coefficiente de Variación	11,2	
Valor Mínimo	68	
Valor Máximo	96	
Deflexión Característica	100,9	

**MANUEL CASTRO GALLO**  
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SERVICIO CODIGO  
 P1-0530-08

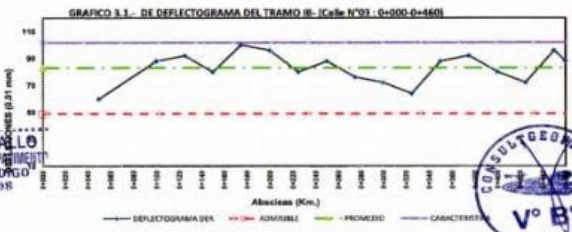


**ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 R.O.S. N° 95077

**PROYECTO:** EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022  
**TRAMO :** TRAMO III - (Calle N°03 : 0+000-0+460)  
**SOLICITANTE:** Sandoval Baltazar, Carlos Antony  
**EXECUTA:**

**EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
**ASTM D 4695**

N°	Progr. (Km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (De)	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+090	Der.	4.00	40.0	20.0	15	80	40	9000	20.00	1.000	60.0	NO CUMPLE
2	0+100	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
3	0+125	Der.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
4	0+150	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
5	0+175	Der.	4.00	40.0	20.0	25	100	40	9000	20.00	1.000	100.0	NO CUMPLE
6	0+200	Der.	4.00	40.0	20.0	24	96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
7	0+225	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
8	0+250	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
9	0+275	Der.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE
10	0+300	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
11	0+325	Der.	4.00	40.0	20.0	16	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
12	0+350	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
13	0+375	Der.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
14	0+400	Der.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
15	0+425	Der.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
16	0+450	Der.	4.00	40.0	20.0	24	96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
17	0+460	Der.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE



**CUADRO ESTADISTICO**

Parámetro	Indice. Máx (0.01 mm)	EAAS (21 Abos)
Especificación	46.9	2.02E+07
Número de Ejemplos	17.0	
Norma de Valores	1452	
Promedio	83.1	
Desviación Estándar	11.4	
Varianza	131.1	
Coeficiente de Variación	13.8	
Valor Mínimo	60	
Valor Máximo	100	
Deflexión Característica	101.9	

**MANUEL CASTRO GALLO**  
 TECNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SENIICO CODIGO P1 170-08



**ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 55077

**PROYECTO:** EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022  
**TRAMO :** TRAMO III - (Calle N°03 : 0+000-0+460)  
**SOLICITANTE:** Sandoval Baltazar, Carlos Antony  
**EXECUTA:**

**EVALUACION DEFLECTOMETRICA**  
**ASTM D 4695**

N°	Progr. (Km)	Lado	e (cm)	ENSAYO VIGA BENKELMAN (VB)				NORMALIZADA POR CARGA Y TEMPERATURA					Observaciones
				Carga (KN)	Temp (°C) Estruct.	Lectura Dial (De)	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	Carga (KN)	Carga (Lb)	Temp (°C) Normaliz.	Factor de corrección	D <sub>1</sub> (0.01 mm)	
1	0+090	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
2	0+100	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
3	0+125	Izq.	4.00	40.0	20.0	25	100	40	9000	20.00	1.000	100.0	NO CUMPLE
4	0+150	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
5	0+175	Izq.	4.00	40.0	20.0	24	96	40	9000	20.00	1.000	96.0	NO CUMPLE
6	0+200	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
7	0+225	Izq.	4.00	40.0	20.0	18	72	40	9000	20.00	1.000	72.0	NO CUMPLE
8	0+250	Izq.	4.00	40.0	20.0	16	64	40	9000	20.00	1.000	64.0	NO CUMPLE
9	0+275	Izq.	4.00	40.0	20.0	21	84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
10	0+300	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
11	0+325	Izq.	4.00	40.0	20.0	26	104	40	9000	20.00	1.000	104.0	NO CUMPLE
12	0+350	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
13	0+375	Izq.	4.00	40.0	20.0	21	84	40	9000	20.00	1.000	84.0	NO CUMPLE
14	0+400	Izq.	4.00	40.0	20.0	22	88	40	9000	20.00	1.000	88.0	NO CUMPLE
15	0+425	Izq.	4.00	40.0	20.0	23	92	40	9000	20.00	1.000	92.0	NO CUMPLE
16	0+450	Izq.	4.00	40.0	20.0	20	80	40	9000	20.00	1.000	80.0	NO CUMPLE
17	0+460	Izq.	4.00	40.0	20.0	19	76	40	9000	20.00	1.000	76.0	NO CUMPLE



**CUADRO ESTADISTICO**

Parámetro	Indice. Máx (0.01 mm)	EAAS (21 Abos)
Especificación	46.9	2.02E+07
Número de Ejemplos	17.0	
Norma de Valores	1452	
Promedio	83.5	
Desviación Estándar	11.1	
Varianza	123.9	
Coeficiente de Variación	13.3	
Valor Mínimo	64	
Valor Máximo	104	
Deflexión Característica	101.9	

**MANUEL CASTRO GALLO**  
 TECNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SENIICO CODIGO P1 170-08



**ROBERTO ELIAS CASTRO AGUIRRE**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 55077



















**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, KRISSIA DEL FATIMA VALDIVIEZO CASTILLO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA QUINTA Y SEXTA ETAPA DEL AH. LOS ALGARROBOS - PIURA 2022.", cuyo autor es SANDOVAL BALTAZAR CARLOS ANTONY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 30 de Enero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
KRISSIA DEL FATIMA VALDIVIEZO CASTILLO <b>DNI:</b> 42834528 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0717-6370	Firmado electrónicamente por: KVALDIVIEZOC el 27-02-2023 23:32:36

Código documento Trilce: TRI - 0529771