



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av.  
Alameda del Premio Real, Chorrillos - 2022**

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Lizarbe Palacios, Curth (ORCID: 0000-0003-4974-5938)

Longa Solon, Julio Cesar (ORCID: 0000-0002-7943-0171)

**ASESOR:**

DR. Delgado Ramírez, Félix German (ORCID: 0000-0002-7188-9471)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA-PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A mis padres Eugenia e Ignacio, por su amor y apoyo incondicional, por permitirme cumplir el sueño de convertirme en un profesional en ingeniería civil.

A mi esposa Marilyn, por su comprensión, apoyo y por ser mi soporte a lo largo de estos años de estudio, siendo el sostén de nuestra familia y a mis tres hijos que sin duda son lo mejor que tengo en la vida

*Curth Lizarbe Palacios*

A mi esposa Elisa Quiroz quien fue la que me incentivo a iniciar y continuar hasta culminar la carrera de ingeniería civil, a mis padres Joaquín, María y mi segunda madre María Lelis por su apoyo en todo el transcurso de mis años de estudio y a mis hijos por la espera, que me tomo culminar mi carrera profesional.

*Julio César Longa Solon*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a nuestro asesor el Dr. Félix Delgado, por guiarnos a través de cada una de las etapas de la elaboración de nuestra tesis hasta alcanzar los resultados deseados. A la universidad Cesar Vallejo por brindarnos todas las herramientas para ser los mejores profesionales. Finalmente, agradecer a mi madre por siempre estar ahí y por sus palabras de aliento.

*Curth Lizarbe Palacios*

A nuestro asesor el Dr. Félix Delgado quien nos apoyó con su amplio conocimiento y así poder culminar con nuestra tesis satisfactoriamente.

A nuestra universidad, por acogernos en sus aulas en todo este periodo.

*Longa Solon Julio César*

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>43</b>
a) Tipo, nivel, diseño y enfoque de investigación.....	44
b) Variables y operacionalización.....	44
c) Población, muestra y muestreo.....	48
d) Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	50
e) Procedimientos .....	52
f) Método de análisis de datos.....	53
g) Aspectos éticos .....	53
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>78</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Variable independiente, dimensiones e indicadores.....	8
Tabla 2 Variable dependiente, dimensiones e indicadores. ....	8
Tabla 3 Nivel de severidad para falla del tipo hueco. (Vásquez, 2002) .....	18
Tabla 4: Clasificación de carretera por IMDA obtenido. (pavimentos, 2016) .....	31
Tabla 5: Factor para la distribución direccional y carril, (pavimentos, 2016).....	31
Tabla 6: Número de repeticiones por eje. (pavimentos, 2016) .....	32
Tabla 7 Cálculo del IMDA con factor estacional .....	33
Tabla 8 Ubicación del lugar de ensayo de acuerdo a las características del pavimento, (MTC, 2016). ....	35
Tabla 9 Hoja de recolección de datos. ....	38
Tabla 10 Deflexiones características según el IMDA, (MTC, 2016),.....	40
Tabla 11 Características del pavimento del análisis de las deflexiones y radios curvatura. (CONREVIAl, 1982).....	42
Tabla 12 Características de las deflexiones por radio de curvatura .....	42
Tabla 13 Operacionalización de la variable independiente. ....	46
Tabla 14 Operacionalización de la variable dependiente .....	47
Tabla 15 Índice de condición de pavimento por unidad de muestra. ....	56
Tabla 16 Análisis de deflexiones y radios de curvatura.....	58
Tabla 17 Cantidad de fallas encontradas por tipo .....	59
Tabla 18: Obtención del IMDa por tipo de vehículo.....	60
Tabla 19 Resumen de valores hallados mediante la Viga de Benkelman .....	61
Tabla 20 Comparación de las deflexiones características y deflexiones admisibles y los radios de curvatura con su valor mínimo .....	61
Tabla 21 prueba de confiabilidad de resultado de objetivo específico 2.....	63
Tabla 22 Unidades de muestra para el proyecto.....	81
Tabla 23 Unidades de muestreo para evaluación. ....	82
Tabla 24 Cantidad de fallas encontradas en las 14 unidades de muestreo.....	83
Tabla 25 Metrado de fallas de las unidades de muestreo .....	84
Tabla 26 Cantidad de fallas de acuerdo a la severidad encontrada (L, M, H) .....	85
Tabla 27 PCI obtenido de las unidades de muestreo evaluadas.....	86
Tabla 28: Resultado diario del conteo vehicular durante una semana. ....	120

Tabla 29: Obtención del IMDa por tipo de vehículo.....	121
Tabla 30: Incidencia por tipo de vehículo en tráfico actual .....	122
Tabla 31 Cálculo del IMDa con factor estacional .....	122
Tabla 32 Recolección de datos de campo .....	129
Tabla 33 Cálculo de deflexión en la progresiva 0+000.00 lado derecho.....	130
Tabla 34 Deflexiones corregidas en la zona de estudio .....	132
Tabla 35 Cálculo de radio de curvatura en la progresiva 0+000.00 lado derecho .....	133
Tabla 36 Radios de curvaturas en la zona de estudio.....	135
Tabla 37 Estadísticas de valores hallados mediante la Viga de Benkelman .....	136
Tabla 38 Del análisis combinado de los resultados de evaluación del MTC.....	137
Tabla 39 Estado de la subrasante y del pavimento flexible del MTC.....	137
Tabla 40 Operacionalización de las variables .....	138
Tabla 41 Matriz de discusión .....	139
Tabla 42 Validez de instrumento de la variable dependiente .....	140
Tabla 43 Validez de instrumento de la variable independiente.....	141
Tabla 44 Presupuesto de obra.....	147

## Índice de figuras

Figura 1 Estado de pistas (pueblo, 2019).....	2
Figura 2 Estado actual de la capa de asfalto en la zona de estudio .....	3
Figura 3 Fallas en el pavimento, piel de cocodrilo.....	3
Figura 4 Clasificación por índice de PCI. ....	25
Figura 5 Longitud para las unidades de muestreo. (ASTM, 2003).....	26
Figura 6 Perfil típico de un pavimento flexible. (pavimentos, 2016).....	29
Figura 7 Viga de Benkelman, detalles de instrumento .....	34
Figura 8 Ubicación del eje posterior del camión y la punta del brazo móvil de la Viga de Benkelman.....	36
Figura 9 procedimiento para la lectura de deflexiones .....	37
Figura 10 Deflexión y radio curvatura de pavimento .....	39
Figura 11 Deflexión admisible vs número de ejes equivalentes (ESAL).....	41
Figura 12 Av. Alameda del premio real, Distrito de Chorrillos. ....	48
Figura 13 vista tomada por drones las calles a evaluar Av. Alameda del Premio Real. Fuente: Elaboración propia.....	48
Figura 14 Sección de vía a utilizar para cada unidad de muestreo .....	49
Figura 15 Falla más recurrente de la vía analizada.....	59
Figura 16 Resultados del IMDA .....	60
Figura 17 Confiabilidad de resultado obj. Especifico 3 – T Student.....	64
Figura 18 Sección de vía a utilizar para cada unidad de muestreo .....	80
Figura 19 Porcentaje de incidencia de las fallas en las 14 unidades de muestreo .....	84
Figura 20 Cantidad de vehículos por día, contabilizados en una semana .....	120
Figura 21 Factor de corrección para vehículos ligeros, (pavimentos, 2016).....	124
Figura 22 Factor de corrección para vehículos pesados, (MTC, 2013) .....	125
Figura 23 Confiabilidad del instrumento de la variable dependiente Alfa de Cronbach .....	145
Figura 24 Confiabilidad del instrumento de la variable dependiente Alfa de Cronbach .....	146

## Resumen

Los pavimentos tienen el propósito de generar desarrollo económico, social y cultural en todos los sectores, es primordial garantizar y mantener un nivel de servicio vehicular óptimo, así como también mantener la estructura de los pavimentos mediante mantenimientos oportunos. La Av. Alameda del Premio Real se ubica en el distrito de Chorrillos y refleja patologías como grietas, huecos y otros. El objetivo principal fue evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible, para ello se realizó una evaluación superficial a nivel de carpeta asfáltica mediante el método del PCI, y una evaluación estructural (Viga de Benkelman, estudio de tránsito IMDA). La metodología fue del tipo **aplicada**, enfoque **cuantitativo**, diseño **no experimental** y de nivel **descriptiva**. Se delimitaron los tramos y puntos a ensayar previamente en gabinete, obteniendo como resultados valores de PCI de 43.71 clasificándolo como REGULAR, IMDA de 382 veh/día, el ESAL fue de  $8.69 \times 10^{-2}$ , clasificando como una carretera de tercera clase, y una deflexión característica de  $47.7 \times 10^{-2}$  mm, deflexión admisible de  $107.26 \times 10^{-2}$  mm, y un radio de curvatura de 112.49m. Concluyendo realizar un mantenimiento rutinario y periódico para garantizar el periodo de diseño del pavimento.

Palabras Clave: Evaluación superficial del pavimento, Índice de condición del pavimento, Índice Medio Diario Anual.

## **Abstract**

The pavements have the purpose of generating economic, social and cultural development in all sectors, it is essential to guarantee and maintain an optimal level of vehicle service, as well as maintain the structure of the pavements through timely maintenance. Av. Alameda del Premio Real is located in the district of Chorrillos and reflects pathologies such as cracks, holes and others. The main objective was to superficially and structurally evaluate the flexible pavement, for which a superficial evaluation was carried out at the level of the asphalt layer using the PCI method, and a structural evaluation (Benkelman beam, IMDA traffic study). The methodology was of the applied type, quantitative approach, non-experimental design and descriptive level. The sections and points to be previously tested in the cabinet were delimited, obtaining PCI values of 43.71 as results, classifying it as REGULAR, IMDA of 382 veh/day, the ESAL was  $8.69 \times 10^{-2}$ , classifying it as a third-class road, and a characteristic deflection of  $47.7 \times 10^{-2}$  mm, admissible deflection of  $107.26 \times 10^{-2}$  mm, and a radius of curvature of 112.49m. Concluding, perform routine and periodic maintenance to guarantee the design period of the pavement.

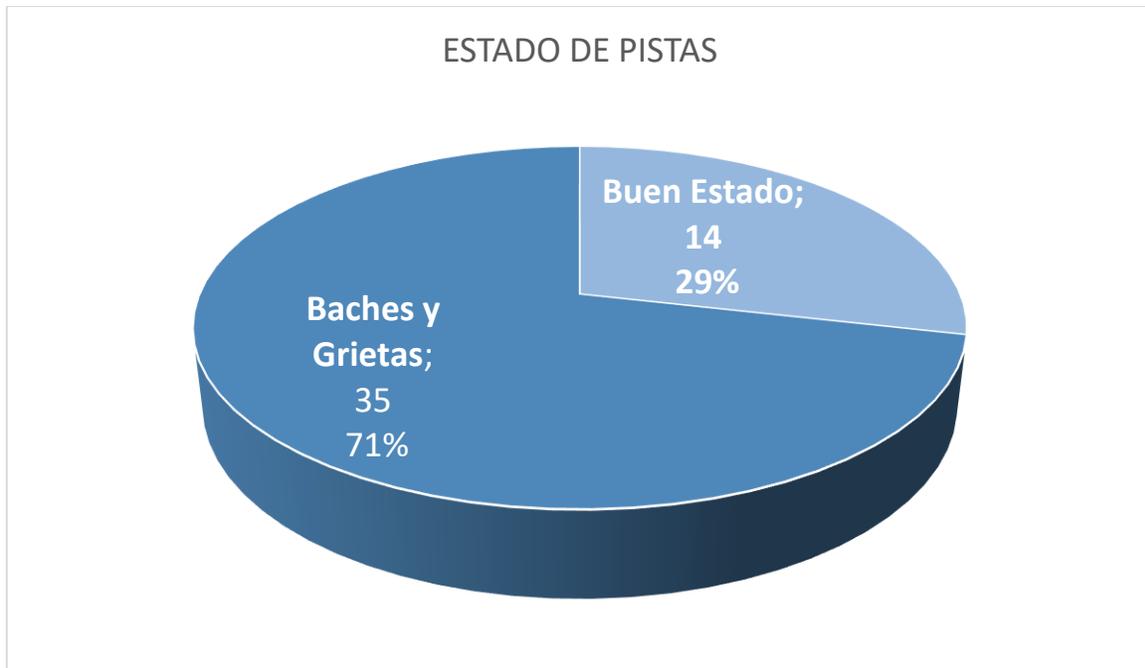
Keywords: Pavement surface evaluation, Pavement condition index, Annual Average Daily Index.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **Planteamiento del problema**

El pavimento flexible se ha construido durante mucho tiempo, su inicio es a fines del siglo XIX en Europa, se sabe que el pavimento está sometido a fuertes tensiones externas, por lo que es fundamental tenerlo evaluado paso a paso para su adecuado mantenimiento y conservación de acuerdo al grado de daño observado, (Rama, 2015). A nivel internacional. En Chile, se realizó un caso práctico en el que se mostró la conversación del pavimento aplicado a las zonas 1 y 2 de Valdivia, indicando las causas de esta degradación, caminos con múltiples grietas y daños por tráfico vehicular pesado, un error de cálculo de diseño. Y una proyección fallida porque fue diseñada para un tráfico más ligero, (Miranda, 2010).

A nivel nacional. En Chiclayo, se puede constatar el deterioro de la calzada, lo que ha afectado el tránsito vehicular. Se descubrió que la causa se debe a todo el sistema de eliminación de aguas residuales que se extiende debajo del pavimento a medida que aparecen más y más grietas, y también se debe a que transitan vehículos grandes, lo que nuevamente causa daños e inconvenientes a los transeúntes, (Pérez, y otros, 2018). El 71% de pistas de Lima Metropolitana y Callao se encuentran en mal estado presentando grietas, baches y piel de cocodrilo, por el paso de los vehículos pesados que transitan por vías donde el diseño fue para vehículos de carga liviana, para esto es necesario la realización de labores de mantenimiento, (pueblo, 2019).



*Figura 1 Estado de pistas (pueblo, 2019)*

A nivel local. La Av. Alameda del Premio Real presenta grandes fallas en toda la amplitud, encontramos deterioros en la superficie del pavimento, por lo mismo que es necesaria evaluar el actual estado de la vía para poder optar con una correcta alternativa de solución. En el país, a través de estos caminos, es posible conectar distritos con vocación social y cultural. La superficie de la carretera juega un papel muy importante para la infraestructura vial para garantizar un tráfico fluido, eficiente, económico y seguro. Las aceras se ven dañadas por varios factores, la superficie en la carretera está muy degradada y dañada antes de su tiempo útil, notamos fallas por un mal diseño de la infraestructura, o también un deterioro a causa del parque automotor incluso el mal proceso constructivo de la infraestructura causa estragos en el pavimento ocasionando fallas y deteriorando toda su extensión.



permite brindar a usuarios un tránsito adecuado, económico y con mucha seguridad. La misma tiene un proceso en el cual se ira deteriorando pues todo tiene que llegar a el fin de su vida útil, se manifiesta con fallas que deterioran la movilización de usuarios, también incrementando los costos de mantenimiento.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema General**

¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?

### **Problemas Específicos**

- **Problema específico 1**

¿Cuál es el tipo de falla más recurrente del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?

- **Problema específico 2**

¿Cuál es la clasificación vehicular del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real de acuerdo al IMDA?

- **Problema específico 3**

¿Cuáles es la condición de la subrasante y del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real mediante la viga de Benkelman?

## **OBJETIVO**

### **Objetivo General**

Evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real.

### **Objetivos específicos**

- 1) Determinar el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.
- 2) Determinar el volumen de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real y su clasificación vehicular.
- 3) Determinar la relación entre la deflexión admisible y la deflexión característica mediante el análisis combinado de los resultados de la evaluación con la Viga de Benkelman.

## **DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Delimitación Espacial**

Se da referencia a la zona geográfica y/o ambiente donde se realizará la investigación. (Hernández, y otros, 2018).

Investigación realizada en la Av. Alameda del Premio Real - Chorrillos, provincia, Lima, región Lima.

### **Delimitación Temporal**

Implica el estudio de fenómenos seleccionados, solo por un periodo de tiempo que puede ser año o décadas. (Hernández, y otros, 2018).

Investigación realizada a partir del mes de septiembre del 2021.

### **Delimitación Social**

Por lo tanto, argumentaremos que la demarcación social se refiere a los roles sociales relacionados con el trabajo de investigación. (Hernández, y otros, 2018).

Esta tesis involucrara a la población y los transportistas de la Av. Alameda del Premio Real.

## **JUSTIFICACIÓN**

El motivo de la investigación indicara la razón de la búsqueda, debemos demostrar que la investigación en curso es necesaria e importante, (Hernández, y otros, 2018). Esta tesis es necesaria e importante ya que se podrá evaluar e identificar la condición del pavimento flexible, pudiendo así beneficiar a la población y transportistas evitando daños y pérdidas en sus vehículos que transitan en la Av. Alameda del Premio Real, debido a las condiciones en la que se encuentra dicha vía.

### **Por Conveniencia**

El conocimiento de los ingenieros civiles involucrados en la industria del pavimento será primordial, (De la Cruz, y otros, 2019)

Esta tesis intenta determinar superficialmente los defectos ocurren en el pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real, se hace para poder evaluar la condición actual y poder dar un mantenimiento vial aplicando métodos conocidos.

### **Social**

El problema será reconocido ante las jefaturas correspondientes y así se sugerirá alternativas de solución, (De la Cruz, y otros, 2019)

Sera de beneficio para la población que transita continuamente la Av. Alameda del Premio Real, dando a conocer frente a las autoridades el deterioro acelerado de las vías y las múltiples causas de los continuos accidentes de tránsito y la problemática de salud.

### **Teórica**

Este reconocimiento ha dado lugar a nuevas tendencias en el estudio del diseño de ingeniería, (Bernal, 2010)

La investigación que se realizará será una excelente herramienta para ampliar y profundizar los conocimientos reconocidos en la ingeniería civil relacionado con temas sociales. La necesidad en el mundo globalizado de hoy de productos competitivos, más creativos e innovadores, ha llevado a la necesidad de apoyar mejor la fase de síntesis, donde la creatividad juega un papel básico.

## **Práctica**

Tipo y contenido de suplementos; tipo de agregado; aditivos; temperatura; etc. (Garnica, y otros, 2002)

Se podrá determinar las características y los elementos a utilizar teniendo con precisión los daños estructurales del pavimento asfáltico, para dar mantenimiento las áreas afectadas en la Av. Alameda del Premio Real, principales factores que perjudican la estructura, son: parámetros de compactación (peso seco, contenido de humedad y grado de saturación).

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General**

La condición superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real es mala, siendo necesaria una rehabilitación.

### **Hipótesis específicas**

- La piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.
- El IMDA de la Av. Alameda del Premio Real, clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase
- La deflexión característica es mayor a la deflexión admisible por lo que la subrasante tiene condición de malo.

## VARIABLES E INDICADORES

Esta es una característica, cualidad o medida que está sujeta a cambios y puede ser analizada, medida o validada en la encuesta, (Hernández, y otros, 2018).

Variables	Dimensiones	Indicadores
VI: Evaluación superficial del pavimento flexible	Clasificación de Fallas o Patologías del pavimento	Piel de cocodrilo
		Grietas de borde
		Agrietamiento en bloque
		Abultamiento y hundimiento
		Corrugación
		Exudación
		Hueco
	Clasificación del estado del pavimento	Grietas longitudinales y transversales
		Índice de PCI
		Clasificación por índice obtenido

Tabla 1 Variable independiente, dimensiones e indicadores.

Fuente de elaboración propia.

Variables	Dimensiones	Indicadores
VD: Evaluación estructural del pavimento flexible	Estudio de tránsito	IMDA (índice Medio Diario Anual)
	Número de ejes equivalentes	ESAL
	Ensayo mediante la Viga de Benkelman	Deflexión
		Radio de Curvatura
	Tipos de Deflexiones	Deflexión Crítica
		Deflexión Admisible
		Deflexión Característica

Tabla 2 Variable dependiente, dimensiones e indicadores.

Fuente de elaboración propia.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO**

### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES:**

(Aguilar, 2018). Realizó su tesis que tuvo por objetivo brindar mantenimiento y estrategia de cuidado de la vía de la red federal MEX-057. Su metodología cuasi experimental, nivel descriptivo y tipo transversal. Utilizaron como instrumento un formato de recolección de datos, odómetro de mano, regla, wincha. Los resultados utilizando la norma ASTM D6433 Y la degradación de la melaza de alquitrán afectando un área de 27.3 de baja severidad, el valor inferido es de 7.8, se tomó el valor inferido corregido calculado a partir del gráfico ASTM para pavimento asfáltico. Ingresando con la suma de los valores inferidos, para la primera iteración es 51.95, entonces el valor corregido deducido (CDV) es 32.5 y  $q=3$ . Y con PCI, se obtuvo 65.9 y el acabado general de la superficie del pavimento es regular. El IRI promedio es 2.7 se obtuvo un ISA de 3.07, de los cuales indican que el pavimento se encuentra en buenas condiciones, requiriendo mantenimiento y conservación periódica. Estos incluyen sellado de grietas, sellado superficial y profundo, para mantenimiento periódico, alfombrado microbiológico, sellado de riego, fresado, asfaltado, que son tratamientos superficiales.

(Salinas, 2019) Realizó su tesis cuyo objetivo tuvo la evaluación funcional y estructural. Su metodología fue descriptiva y experimental. Utilizaron como instrumento la Viga de Benkelman, extensómetro, hojas de contabilización de vehículos. Los resultados que obtuvieron son la evaluación superficial del pavimento mediante el PCI obteniendo un valor de 47.83 clasificándose como REGULAR, así mismo, para la evaluación estructural mediante la Viga de Benkelman, obteniendo los valores de deflexión característica de  $53.74 \times 10^{-2}$ , la deflexión admisible de 173.27mm y el radio de curvatura de 106.67m. Determina que la subrasante es BUENO ( $DC < Dadm$ ) y el pavimento es BUENO ( $RC > 80$ ). En conclusión, realizaron calicatas el  $e=0.05m$  de asfalto;  $0.30m$  de subbase y  $0.20m$  de base lo que vendría a ser la sección 1 a un asfalto antiguo, en la sección 2 está conformada con la misma sección 1 la diferencia que esta recapeado de asfalto con un  $e= 0.05m$ , las

evaluaciones de las pruebas de asfalto realizadas en la sección 1 no cumple con el contenido de asfalto requerido para esta clase de camino, por lo que esta sección abandonada al actualizar el mantenimiento vial de la seccion1. Es necesario hacerlo. La sección 2 no requiere ninguna intervención ya que se ha cumplido con el contenido de asfalto y la clasificación y la investigación, no se va a requerir intervención ya que antes de realizar la investigación ya fue recapeada la carpeta asfáltica.

(Garcés, 2017). En su tesis, tuvo como objetivo determinar los daños presentes en el asfalto de la vía, y así poder tener opciones de dar mantenimiento y efectuar las mejoras viales, pudiendo así ofrecer a los beneficiarios una estructura placentera con la funcionalidad adecuada. Su método descriptivo y experimental, con un enfoque cuantitativo, y como se indicó cuenta con un total de 3 carriles de 1312 metros de longitud, ha utilizado herramientas como el PCI, regla de aluminio, apuntes, mediante inspección visual y con el PCI se ha determinado el índice del estado del pavimento de 41, que corresponde a una condición mala, de manera que las actividades y/o reparadoras de daños se encuentran mutuamente en los pavimentos, como en los revestimientos y las reparaciones de las vías destruidas. Estas alternativas han sido diseñadas de acuerdo con las recomendaciones realizadas por la AASHTO93, en conclusión, se comprobó que el estado del pavimento de la vía es regular, así como considerar un adecuado mantenimiento y optimas intervenciones de restauración para aumentar el tiempo útil de la estructura, garantizar la seguridad y bienestar de los beneficiarios, se requiere realizar mantenimiento anticipado antes de que se realice el tratamiento de revestimiento, a fin de garantizar la eficacia del refuerzo. Además, las actividades de modelado de pendientes deben realizarse en las áreas más dañadas y de fácil acceso.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

(Cajo, 2021) tuvo como objetivo la evaluación superficial mediante el método del PCI y estructural la estructural mediante el IMDA, su metodología fue descriptiva, experimental. Instrumentos utilizados fueron formatos de recolección de datos, wincha métrica, regla de aluminio indicador de estado usado de la carretera como técnica y método. Llegaron a la conclusión de valor de PCI de 54.48 cual lo clasifica como REGULAR siendo la falla de piel de cocodrilo la más recurrente con una incidencia del 34.04%. Y el IMDA de 368veh/día, siendo los camiones de 3E los de mayor incidencia con un 37.23%. También se realizó la evaluación estructural mediante la exploración de 9 calicatas, obteniendo un valor de 6% del CBR lo cual representa que el suelo es inadecuado. Y requiere un mejoramiento de la estructura del pavimento.

(Ramos, 2021). Realizó su tesis bajo el título de, su objetivo fue estimar la situación actual del pavimento existente, usando el método del PCI, equipos deflector de carga estática, miden la deflexión ante carga estática o lenta, equipo simple como la Viga Benkelman y otro más sofisticado como es el Deflectógrafo La Croix. Su metodología cuasi experimental, nivel descriptivo y tipo transversal. Los instrumentos utilizados fueron equipos no destructivos. Conclusiones resulto ser el pavimento flexible de Av. Lambramani tiene una puntuación PCI de clasificación de lo cual está en un nivel regular, se calcula el refuerzo de asfalto se calculó usando el modelo de Hoggs durante 15 años a partir de este estudio, lo cual se requirió 2" de espesor con asfalto caliente. Para lo cual las medidas deben de tomarse para temperaturas superiores a 5°C e inferiores a 35°C para evitar tomar datos en condiciones distintas a las normales. Evaluando el nivel de servicio, es necesario planificar tareas de mantenimiento periódicas para garantizar que el pavimento permanezca estructural y funcionalmente intacto durante toda su vida útil.

(Fernandez, 2019). Realizó su tesis, tuvo como objetivo examinar la falla estructural de la carpeta asfáltica para el mejoramiento vial. La metodología de investigación es aplicada longitudinal de nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. Para la evaluación del pavimento utilizaron una tarjeta de adquisición de datos de PCI, una tarjeta de

datos de conteo de vehículos como instrumento y software minitab 2017. Cuyo resultado obtenido de la muestra tenemos piel de cocodrilo 30%, fisura de 5%, disgregación de 35%, ahuellamiento de 20%, huecos de 10% y el PCI es de 42%. La falla se debe al pésimo mantenimiento de la vía, también por las fatigas en la capa asfáltica, el incorrecto procedimiento constructivo y diseño de las cargas admisibles son los causantes de las fallas en la capa asfáltica. Se concluyó como opción de recurso se recomienda la impermeabilización de la capa asfáltica, su reparación se hará con el asfalto en caliente.

(Díaz, 2020) La presente tesis tuvo como objetivo la evaluación superficial mediante el PCI y la evaluación estructural por deflectometría usando la Viga de Benkelman. Metodología no experimental tipo descriptiva aplicada. Instrumentos formatos de evaluación del PCI, para las mediciones de las deflexiones se hizo ensayo de la Viga de Benkelman, hojas Excel. Resultados se obtuvo se evaluó 4 muestras lo que se obtuvo un PCI de 64 lo que se clasifica como un estado regular, las fallas visuales que registro fueron piel de cocodrilo y grietas longitudinales y transversales con un 8.3% cada uno, disgregación y desintegración con un 16.6% y por último huecos con un 66.8%. La deflexión característica se obtuvo por debajo de la deflexión admisible de  $108 \times 10^{-2} \text{mm}$ , lo que resultaría una capacidad aceptable. También podemos decir que de acuerdo al IMDA se tuvo como resultado de la deflexión característica del pavimento teniendo un resultado de  $106 \times 10^{-2} \text{mm}$ . Conclusión las fallas más incidentes halladas en dicha vía son piel de cocodrilo depresiones, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, disgregación y desintegración y huecos; las deflexiones y radios de curvatura se deduce que el 50 % de las vías analizadas no tienen la capacidad estructural requerida.

## 2.2. TEORÍA REFERENCIAL

(Castro, y otros, 2020), Debido al desarrollo de la industrial y la económico del país, y durante muchos años, han provocado un aumento del tráfico, aumento de peso de los vehículos, el deterioro de las vías y carreteras, la velocidad, entre otros factores que nos conducen a la necesidad de modernizar la red vial. Para lograr este objetivo y hacerlo de manera óptima, se tienen en cuenta aspectos económicos y técnicos a la hora de tomar decisiones de mantenimiento, restauración y/o reconstrucción. Los anteriores están incluidos en los sistemas de gestión de aceras.

### A. Variable independiente: Evaluación superficial del pavimento flexible

(Montejo, 2002), Cuya finalidad es reconocer la calidad superficial y el estado general de la calzada, teniendo en cuenta todos los factores que indiquen negativamente en el estado del servicio, la seguridad y los costes para los usuarios de la vía. Utilizaremos la inspección visual, hay tres tipos de defectos:

- Defectos superficiales
- Rugosidad
- Pérdida de fricción

Para detectar estos efectos, especialmente los superficiales, se puede realizar rastreando y registrando las irregularidades que se encuentran, clasificándolas por tipo y gravedad y luego procesándolas mediante algún método estándar (Montejo, 2002).

### **Clasificación de fallas del pavimento**

El “Catálogo de Fallas” para la evaluación superficial del pavimento flexible. (PAVIMENTOS, 2016)

#### 1) Piel de Cocodrilo.

Se divide en muchos bloques rectangulares la capa superficial del asfalto, provocada por el encogimiento del asfalto, producto de temperaturas variadas durante el día. La presencia de estas grietas hace que el asfalto se haya

endurecido considerablemente, lo que ocurre cuando se utiliza un tipo de asfalto inadecuado. Este tipo de carga puede convertirse en caparazón o piel de cocodrilo, en cuanto a movilidad y vehículos, no tiene una mayor proporción, porque es un daño superficial, afectando lo menos posible la capa de asfalto. (MOPT, 2016)

### Severidad

*Bajo:* Finas fisuras longitudinales y transversales. Se reflejan en forma paralela generalmente sin conexiones entre ellas. Las fisuras se encuentran inamovibles, por consecuencia, no presentan ninguna fractura profunda a los extremos de la misma.

*Medio:* En este nivel las grietas se pueden desprender fácilmente.

*Alto:* Las fisuras presentan un patrón en el que las piezas generadas por las fisuras paralelas están bien definidas y contienen sus bordes astillados. Propensas a deslizarse con el tráfico.

### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

## 2) Grietas de borde

Por razones climáticas, los bordes de los paneles tienden a tener una forma de curva, creando separación entre la placa y la base, provocando una pérdida de apoyo en las esquinas y comenzando a agrietarse cuando reciben cargas de tráfico pesado. La gravedad de esta avería llega a un punto crítico cuando se produce una marcada diferencia de fase, provocando atascos por la desaceleración brusca de los vehículos para no alterar el movimiento del vehículo y su entorno por un corto periodo de tiempo. El área delimitada por la fisura longitudinal y el borde de la vía se agrupa según la formación de la grieta (a veces tan fuerte que las piezas se pueden retirar), (MOPT, 2016)

### Severidad

*Bajo:* Resquebrajadura leve / moderado sin fragmentación ni delaminación.

*Medio:* Fisuras con cierto grado de desprendimiento y/o fragmentación

*Alto:* Delaminación a lo largo del borde donde se encuentra presente la falla, fragmentación a mayor escala.

#### Medición

Por metro lineal (ml).

### 3) Corrugación

El movimiento de los plásticos se caracterizado por la ondulación de la superficie de la carretera. La distancia entre los salientes es inferior a 3 m, generalmente de 0.60 a 0.90m. (MOPT, 2016).

#### Severidad

*Bajo:* Los pliegues provocan vibraciones en el cobre menores

*Medio:* El fruncido provoca vibraciones importantes en el coche medios

*Alto:* Las carreteras sinuosas provocan graves vibraciones del vehículo altos, conlleva a disminuir la velocidad de tránsito.

#### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

### 4) Agrietamiento en bloque

Son las fisuras de las juntas que suelen dar lugar a la separación de asfalto en forma rectangular, los mismos que habitualmente van de 0.3 m. \* 0.3 m. a 3.0 m. \* 3.0 m. Son causadas primordialmente por el encogimiento de la carpeta asfáltica y las temperaturas variadas del día. Las fisuras no están agrupadas con cargas y muestran un endurecimiento significativo del asfalto. Por lo general, se presenta en gran parte de la acera, es muy raro encontrar este tipo de fallas en zonas con tráfico leve, (MOPT, 2016).

#### Severidad

*Alto:* Áreas determinadas por fisuras bien definidas.

*Medio:* Fisuras en áreas determinadas de nivel medio.

*Bajo:* Fisuras longitudinales y transversales leves.

#### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

### 5) Parcheo y parche de reparación

Un parche es el proceso de cambiar un pavimento por uno nuevo para así arreglar la vía existente. Se considera un defecto independientemente de su rendimiento (en general, una sección de pavimento reemplazado tiende a fallar en las intersecciones). (MOPT, 2016)

#### Severidad

*Bajo:* Parche actual todavía se encuentra en forma y permite un tráfico fluido.

*Medio:* Parque existente muestra deterioros moderados.

*Alto:* Parche se encuentra defectuoso, la calidad del tráfico para dicha zona se clasifica alta siendo necesario una reparación a la brevedad.

#### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

### 6) Exudación

Perfilar el material bituminoso sobre el pavimento. La superficie adquiere un aspecto brillante y se vuelve reflectante, resbaladiza y pegajosa (MOPT, 2016).

#### Severidad

*Bajo:* El color de superficie se aclara bajo la influencia de pequeños movimientos del asfalto que queda aislado.

*Medio:* La superficie se vuelve pegajosa para los zapatos y las ruedas de los automóviles cuando hace calor.

*Alto:* La presencia de una gran cantidad de betún suelto da a la superficie un aspecto negro húmedo oscuro; superficie pegajosa.

### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

#### 7) Huecos

Hay defectos estructurales en la vía, como depresiones pequeñas en la avenida, formando un cuenco invertido. Suelen tener 0.9 m. de diámetro con presencia de extremos afilados y en la parte superior en forma vertical. El tamaño de los huecos suele incrementarse debido al ingreso de agua en el agujero. (MOPT, 2016).

### Severidad

De acuerdo a la siguiente tabla:

	Diámetro (mm)		
Profundidad/huecos	102mm – 203mm	203mm – 457mm	457mm – 762mm
12.70 - 25.40mm.	Bajo	Bajo	Medio
> 25.40 - 50.80mm.	Bajo	Medio	Alto
> 50.8mm.	Medio	Medio	Alto

*Tabla 3 Nivel de severidad para falla del tipo hueco. (Vásquez, 2002)*

### Medición

Por unidad (Und).

#### 8) Abultamiento y hundimiento

Los baches son pequeños movimientos ascendentes que se encuentran en el pavimento. Diferencia de los desplazamientos diarios debido a carreteras inestables. Por otro lado, el abultamiento puede deberse a una serie de elementos que incluyen:

Áreas de asfalto que se levantan o mueven como una capa. Puede suceder por expansión de la carpeta por enfriamiento. Las deflexiones son cambios

pequeños bruscos que se dirigen hacia la superficie de la carretera. Las deformaciones y desplazamientos de la calzada que ocurren en un área grande y causan depresiones grandes o prolongadas conocidas como ondulaciones. (MOPT, 2016).

### Severidad

*Bajo:* Las protuberancias o asentamientos conducen a una mala calidad del tráfico.

*Medio:* Las protuberancias o asentamiento conducen a una condición de tráfico de media.

*Alto:* Las abolladuras o hundimientos provocan un tráfico de alta calidad.

### Medición

Por metro lineal (ml).

## 9) Hinchamiento

El hinchamiento en la vía se podrá reconocer por un abultamiento de la zona de la carpeta asfáltica, una ola larga y gradual de aproximadamente más de 3,0 m. Ésta falla suele presentar fisuras en el área afectada. Normalmente, para que se presente este tipo de trastorno ocurre como resultado de la congelación del suelo y también debido a la hinchazón del suelo. Generalmente se caracteriza por una protuberancia en la superficie de la estructura. (MOPT, 2016).

### Severidad

*Bajo:* La hinchazón provoca una mala calidad del tráfico. Una hinchazón de baja gravedad es imperceptible visualmente, caso contrario en circulación vehicular.

*Medio:* La hinchazón provoca una condición de tránsito medio.

*Alto:* La hinchazón genera un tránsito alto.

### Medición

Por metro cuadrado (m2).

#### 10) Cruce de vía férrea

##### Severidad

*Bajo:* Produce un tránsito de calidad alta.

*Medio:* Produce un tránsito de baja media.

*Alto:* Produce un tránsito de baja.

##### Medición

Por metro cuadrado (m2).

#### 11) Ahuellamiento

Es la formación de surcos es una reducción en la superficie de la huella de la rueda. Los pavimentos pueden aparecer a ambos lados de la carretera, pero en muchos casos aparecen después de la lluvia cuando la carretera está llena de agua. (MOPT, 2016).

##### Severidad

Profundidad media en (mm)

*Bajo:* 6 – 13

*Medio:* 13 - 25

*Alto:* más de 25

##### Medición

Metro cuadrado

#### 12) Grietas de reflexión de junta

Daño recurrente en vías asfaltadas sobre pavimento rígido. (MOPT, 2016).

##### Severidad

*Bajo:* Abertura menor a 10.0mm

*Medio:* Abertura 10.0mm a 76.0mm.

*Alto:* Abertura mayor a 76mm

### Medición

Por metro lineal (ml).

#### 13) Pulidero de agregados

Falla causada por el volumen de tránsito. (MOPT, 2016).

### Severidad

El grado de riesgo no ha sido determinado. El nivel de pulido debe ser significativo para ser evaluado.

### Método de medición

Por metro cuadrado (m2).

#### 14) Desplazamiento

El desplazamiento permanente de un área localizada del pavimento debido a las cargas de tráfico. (MOPT, 2016).

### Severidad

*Bajo:* Tránsito de calidad alta

*Medio:* Tránsito de calidad media

*Alto:* Tránsito de calidad baja

### Medición

Por metro cuadrado (m2).

#### 15) Depresión

Son formadas por el asentamiento de las capas inferiores de la carpeta asfáltica. (MOPT, 2016).

### Severidad en (mm)

*Bajo:* 13 - 25

*Medio:* 25 - 51

*Alto:* > 51

### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

#### 16) Grietas longitudinales y transversales

Generalmente aparecen paralelas en la dirección de la calzada, no tiene relación con el volumen o cargas de tránsito. (MOPT, 2016).

### Severidad

*Bajo:* abertura < 10.0mm

*Medio:* abertura de 10 a 76mm

*Alto:* abertura > a 76mm

### Medición

Por metro lineal (ml).

#### 17) Desprendimiento de agregados / meteorización

Cuando existe presencia de desprendimiento en la superficie del asfalto. El desgaste se debe a la pérdida del aglutinante en el asfalto o por agregados sueltos. Este daño indica que la composición del asfalto es de mala calidad. El tráfico también forma parte de las causas que provocan el desprendimiento del asfalto, tal es el caso de los autos de orugas, pueden provocar desprendimientos. Otras causas de relajación de la superficie y la disminución de agregados son por las fugas de aceite. (MOPT, 2016).

### Nivel de severidad

*Bajo:* Se pierden agregados o aglutinantes. La superficie ha iniciado a hundirse, en algunas zonas del pavimento. Si el aceite está sucio, la mancha de aceite es visible, pero la superficie es sólida y ni con la moneda se podrá penetrar.

*Medio:* La pérdida de agregados o aglutinantes. La estructura de la superficie es ligeramente rugosa y hueca. De darse el derrame de petróleo, será lisa y fácil de penetrar la superficie.

*Alto:* Claramente en el área afectada se registran pérdida de agregados o aglutinantes. La estructura de la superficie es muy rugosa y muy hueca. Cuando tienen 1mm de diámetro y 13mm de profundidad se clasifican como falla por desprendimiento, cuando la falla supera dichas medidas la falla se considera como huecas.

#### Método de medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

#### 18) Grietas parabólicas o por deslizamiento

Son aberturas que aparecen en forma de media luna, no tiene relación con la estructura del pavimento. (MOPT, 2016).

#### Severidad

*Bajo:* Ancho < 10.0mm

*Medio:* Ancho de 10 a 38mm

*Alto:* Ancho > 38mm

#### Medición

Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

#### 19) Desnivel carril/berma

Borde del pavimento con un desnivel respecto de la berma. (MOPT, 2016).

#### Severidad

*Bajo:* ≠ de nivel de 25 a 51mm

*Medio:* ≠ de nivel de 51 a 102mm

*Alto:* ≠ de nivel mayor a 102mm

#### Medición

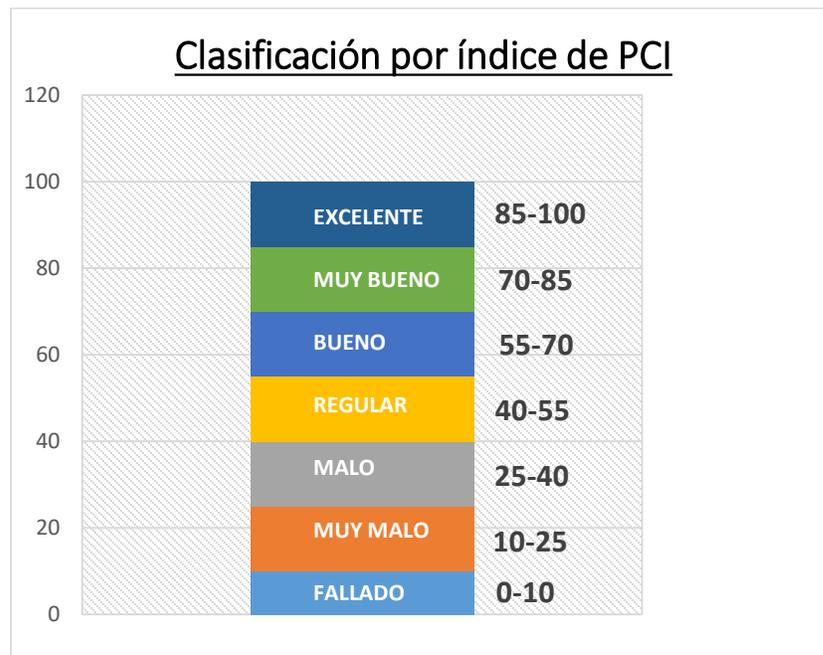
Por metro lineal (ml).

### **Método del PCI - Pavement Condition Index (PCI)**

Nos permite determinar la degradación exterior a través de un índice numérico que

va de 0 a 100, teniendo en cuenta que el primero se refiere al pavimento en malas condiciones y el segundo en buen estado, como se observa en la Fig. n°5. El índice del PCI se desarrolló por la Sociedad estadounidense de Ingenieros civiles y aprobado por la APWA, para determinar la condición de operatividad y de rugosidad del pavimento. Para obtener los valores del PCI consiste en determinar los resultados a partir de una inspección visual, de esta forma se determina el periodo del pavimento en severidad y nivel de daño de cada tipo de pavimento. (Vásquez, 2002)

En general, la estimación de la condición de la calzada de acuerdo al PCI, iniciamos con el desarrollo de las actividades en la zona de estudio, donde se determina y recopila el daño que presenta la apariencia de la carpeta asfáltica tipo de falla y extensión, luego segunda corresponde a la tabulación de los datos obtenidos en formatos o fichas de registros adecuados, y por último se determina el estado de cada tramo del pavimento que hemos analizado siguiendo los procedimientos que rigen el PCI. Este método especifica una práctica para la recopilación aleatoria de unidades de muestreo, (Vásquez, 2002).



#### *Figura 4 Clasificación por índice de PCI.*

Fuente: elaboración propia.

#### Factores Evaluados

(Vásquez, 2002) Especifica 3 factores para la estimación del asfalto; tipo de falla, severidad y por unidad de medida.

- Tipo de daño

Según esta norma, tenemos 19 niveles de daños detallados, los cuales se incluyen en pavimentos flexibles y semirrígidos.

- Grado de daño

- Bajo (low), vibraciones débiles del coche, a velocidades normales, no representa un peligro para la seguridad.

- Medio (Medium), vibración importante del coche, creando una sensación de incomodidad e inseguridad.

- Alto (High), vibración excesiva del coche, es necesario reducir la velocidad y así evitar causar incomodidad e inseguridad al usuario.

- Nivel de daño

(Vásquez, 2002), El último factor se refiere a la zona o área afectada según el tipo de daño, como indica en la norma. Según el tipo de portada que esté evaluando, se describen detalladamente los formatos correspondientes:

#### Unidades de muestra

(ASTM, 2003) para garantizar un nivel de confianza del 95% se precisan las unidades de muestreo. Previo a esto, la zona de estudio a evaluar debe definirse y dividirse en secciones según los criterios de diseño, condiciones del tránsito y la superficie de la vía.

#### Longitud de la unidad de muestra

(ASTM, 2003), tiene relación directa con las dimensiones de la vía, Longitud y Ancho, de acuerdo a la figura:

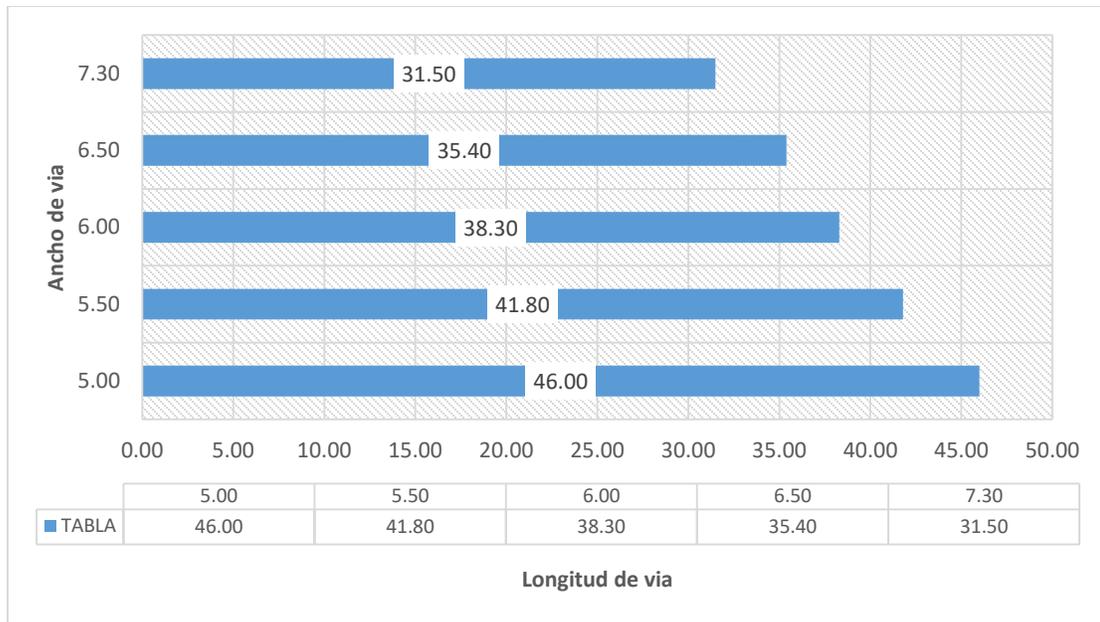


Figura 5 Longitud para las unidades de muestreo. (ASTM, 2003)

Fuente: elaboración propia.

### Unidades de muestreo

(ASTM, 2003), Se debe utilizar un nivel de confianza del 95% para determinar la unidad de muestreo. Para ello la ecuación dada y el redondeo al valor de “n” al siguiente entero mayor, (Vásquez, 2002).

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

N : #min de unid. de muestreo

$\sigma$  : Desviación estándar del PCI entre muestras

N : #total de unid. muestra.

e : Error permitido en el estimado del PCI del pavimento (e=5%)

(Vásquez, 2002) Para la distorsión estándar, el primer valor del pavimento asfáltico se estima en 10 por el método PCI. Luego, el valor real de la desviación estándar se calcula en base al valor del PCI de la unidad de muestra probada mediante:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2}{(n-1)}}$$

PCI<sub>i</sub> = índice de PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas.

n = Número mínimo de unidades de muestreo inspeccionada.

PCI<sub>s</sub> = índice de PCI obtenido en el tramo.

Con el monto obtenido se puede volver a calcular el número de muestras a analizar. Si este valor es superior a las unidades ensayadas, entonces se deben seleccionar muestras aleatorias para cumplir con el número mínimo de muestras requerido (Vásquez, 2002).

#### Clasificación de la unidad de muestreo

Luego de determinar la cantidad de unidad de muestra al inspeccionar, el espacio entre unidades se calcula mediante un muestreo aleatorio usando la siguiente ecuación y se redondea al entero más cercano (Vásquez, 2002).

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

i: Intervalo entre unidades de muestreo, redondeando al número entero inferior.

n: Cantidad total de unidades de muestreo para evaluar.

N: Cantidad total de unidades de muestreo disponible.

El número arrojado por la letra "i", le puede seleccionar aleatoriamente la primera muestra. Luego, el intervalo de muestreo se suma al intervalo anterior para obtener una nueva muestra. Repita este proceso sistemáticamente hasta completar toda la sección que ha investigado (Vásquez, 2002).

#### Unidades de muestreo adicional

Los adicionales sólo se fabrican si los defectos encontrados no son representativos. En este caso, el usuario deberá seleccionar una muestra que no se considere.

#### Proceso para la evaluación del estado del pavimento

Tras obtener todos los datos posibles de campo, se trabajará en oficina para encontrar el índice PCI. Este cálculo se basa en deducciones por daños más allá de la cantidad y gravedad que se reporta. (Jara, 2020).

i) Valor deducido (VD) por unidad de muestra:

Se realizará mediante el formulario propuesto. Dependiendo del tipo, el daño se medirá en términos de área, longitud y cantidad. Luego, Dividido el

conjunto total de cada muestra de daño en cada grado de severidad, entre la zona total de la unidad de muestreo y el resultado se expresará como un porcentaje. A ella se le definirá como la densidad del daño. Finalmente determinaremos el valor deducido para toda muestra de daño inspeccionado tomando sus niveles de severidad mediante las curvas o tablas que nos permitirán hallar el valor deducido del daño.

ii) Número máximo de valores deducidos ( $m$ ):

(Ramos, y otros, 2018), si obtenemos como resultado que ningún o sólo un valor deducido es mayor que 2, en lugar del mayor valor inferido corregido más alto, se utiliza todo el valor inferido corregido más alto; debe hacer lo siguiente:

Los valores derivados serán tabulados de mayor a menor.

Para hallar el ( $m$ ): 
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - VDM)$$

$m$  : Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal.

$VDM$  : Máximo valor deducido individual para cada unidad de muestreo. El número de valores individuales deducidos se reduce a ( $m$ ), Si hay menos valores deducidos que ( $m$ ) se utilizan todos.

iii) Máximo valor deducido corregido ( $VDC$  )

El  $VDC$  se obtiene realizando los siguientes pasos:

- Los valores deducidos individuales ( $VDI$ ) se deberán ordenar en forma descendente.
- Hallar el Valor Deducido Total ( $VDT$ ) al sumar todos los valores deducido individuales.
- Los  $VD$  mayores que 2.0 se representaran como ( $q$ )
- Luego determinaremos el  $VDC$  , utilizando los valores de  $VDT$  y  $q$ , en la curva de corrección para pavimentos asfálticos del manual del PCI.
- Para el menor valor deducido mayor a 2.0, se deberá reducir a 2.0 y

repetiremos el procedimiento desde (i), hasta obtener un valor de (q) igual a la unidad.

- El  $VDC_{m\acute{a}x}$  representa al máximo valor de los VDC.

iv) Cálculo del PCI

El valor del PCI es igual a:

$$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$$

## Pavimentos

Un pavimento consiste en colocar en el suelo, la función que cumplen los pavimentos es de recibir y transmitir las cargas que actúan sobre él hacia las capas inferiores. La composición de la capa anterior será un material granular comprimido, tal y como se especifica en el Manual de Carreteras. (Montejo, 2002)

### Pavimento flexible

Consta de un ligante bituminoso, es decir, grado a base de betún, que es un residuo de la destilación del petróleo, y generalmente se construye en una capa base y la capa inferior, estas capas no son rígidas y soportan la carga del automóvil que transitan en la vía. (Moreno, y otros, 2018). Se clasifican en:

- Carpeta asfáltica en frío: Consiste en una doble capa, mortero asfáltico, pavimentación microbiológica en frío, piedra triturada asfáltica, revestimiento asfáltico en frío.
- Carpeta asfáltica en caliente: Asfalto en caliente bajo temperaturas controladas y con espesores de acuerdo al diseño realizado.

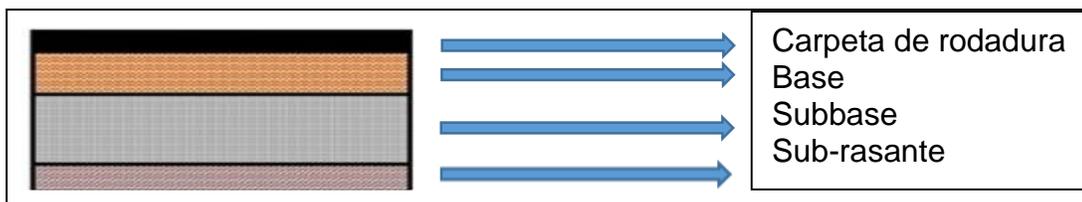


Figura 6 Perfil típico de un pavimento flexible. (pavimentos, 2016)

## B. Variable dependiente: Evaluación estructural del pavimento flexible

(Montejo, 2002) El objetivo es la verificación de la dimensión estructural que tiene la calzada existente para establecer si requiere o no de una rehabilitación y/o un mantenimiento.

Por lo cual realizaremos ensayos no destructivos, los cuales nos permiten obtener el estado de la estructura del pavimento, (Montejo, 2002). Podemos considerar los siguientes estudios y ensayos:

- Estudio de tránsito
- Viga de Benkelman

## 1. ESTUDIO DE TRÁNSITO

Cada segmento de la carretera a estudiar nos brindara un resultado para un índice de promedio anual (IMDA) que lo determinamos mediante un estudio de tráfico. Además, la demanda que debe clasificarse por tipo de vehículo, el deterioro del pavimento se relaciona directamente con el tránsito vehicular (vehículos livianos y pesados). A partir de los datos recopilados, realizaremos un estudio de proyección de tránsito y estableceremos una serie de ejes de diseño vial correspondiente al periodo de análisis (pavimentos, 2016).

### Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Resulta del promedio del conteo vehicular en determinado lugar y por un intervalo de tiempo definido. se obtendrá en veh/día. (pavimentos, 2016).

Tipo de Carretera	Tipo de calzada
Autopistas: <b>IMDA &gt; 6000veh/día</b> Calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	- 2 carriles/sentido. - 3 carriles/sentido - 4 carriles/sentido
carreteras duales o Multicarril: <b>6000&gt;IMDA&gt;4001veh/día</b> Calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	- 2 carriles/sentido. - 3 carriles/sentido. - 4 carriles/sentido.
Carreteras de primera clase: <b>4000&gt;IMDA&gt;2001veh/día</b> Calzada de dos carriles.	- 2 carriles doble sentido

Carreteras de segunda clase: <b>2000&gt;IMDA&gt;401veh/día</b> Calzada de dos carriles.	- 2 carriles doble sentido
Carreteras de tercera clase: <b>400&gt;IMDA&gt;201veh/día</b> Calzada de dos carriles.	- 2 carriles doble sentido
Carreteras de bajo volumen de tránsito: <b>201veh/día&gt;IMDA</b> Calzada de un carril	- 1 carril doble sentido

Tabla 4: Clasificación de carretera por IMDA obtenido. (pavimentos, 2016)

### **Factor carril y factor direccional**

El primer elemento se expresa como el porcentaje de caminos con el mayor número de EE. El segundo factor se determina a partir de hallar el volumen de tráfico y vinculado a la cantidad de veh. pesados de carga que viajan en la misma dirección. (pavimentos, 2016).

Establecer ciertas relaciones que se presentan a continuación:

Cantidad de vías	Cantidad de sentidos	Cantidad de carriles / dirección	Factor de Dirección (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 vía	1	1	1.0	1.0	1.0
	1	2	1.0	0.8	0.60
	1	3	1.0	0.6	0.80
	1	4	1.0	0.5	0.50
	2	1	0.5	1.0	0.50
	2	2	0.5	0.8	0.40
2 vías separadas con berma central	2	1	0.5	1.0	0.50
	2	2	0.5	0.8	0.40
	2	3	0.5	0.8	0.30
	2	4	0.5	0.8	0.25

Tabla 5: Factor para la distribución direccional y carril, (pavimentos, 2016)

### **Tasas de crecimiento**

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

r : %de crecimiento anual

T<sub>n</sub> : Proyección de tránsito en “n” años en veh/día

N : Periodo de diseño

T<sub>0</sub> : Tránsito existente al año de estudio en veh/día

Esta variable es estadística y va vinculado al incremento socioeconómico y demográfico expresado como PBI. En general, este parámetro varía de 2 al 6%. (pavimentos, 2016).

### **Ejes equivalentes (EE)**

Se utilizan para los diferentes tipos de vehículo con relación a la cantidad de ejes que poseen. (pavimentos, 2016)

Tipo de eje	Eje equivalente (EE <sub>8.2 tn.</sub> )
Eje simple de ruedas simples (EE <sub>s1</sub> )	EE <sub>s1</sub> = [P/6.6] <sup>4.0</sup>
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>s2</sub> )	EE <sub>s2</sub> = [P/8.2] <sup>4.0</sup>
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [P/14.8] <sup>4.0</sup>
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [P/15.1] <sup>4.0</sup>
Ejes Trídem (2 ejes ruedas + eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [P/20.7] <sup>3.9</sup>
Ejes Trídem (3 ejes ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [P/21.8] <sup>3.9</sup>
P= peso real por eje en toneladas	

*Tabla 6: Número de repeticiones por eje. (pavimentos, 2016)*

### **Numero de Ejes equivalentes (ESAL)**

El ESAL, lo hallaremos mediante:

- Evaluación del F\* IMDA

Tipo de Vehículo	IMD <sub>a</sub>	Carga de Veh/eje	F	F*IMD <sub>a</sub>
Automóvil, Station wagon, Camioneta, C.R. Micro		1		
		1		
Micro		7		
		10		
Bus Grande		7		
		16		
Camión 2E		7		
		10		
Camión 3E		7		
		16		
<b>Σ F. IMD<sub>a</sub></b>				<b>-</b>

Tabla 7 Cálculo del IMDA con factor estacional

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo del ESAL

$$ESAL = (F \cdot IMDA) * 365 * Fd * Fc * \left( \frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right)$$

Fd: Factor direccional

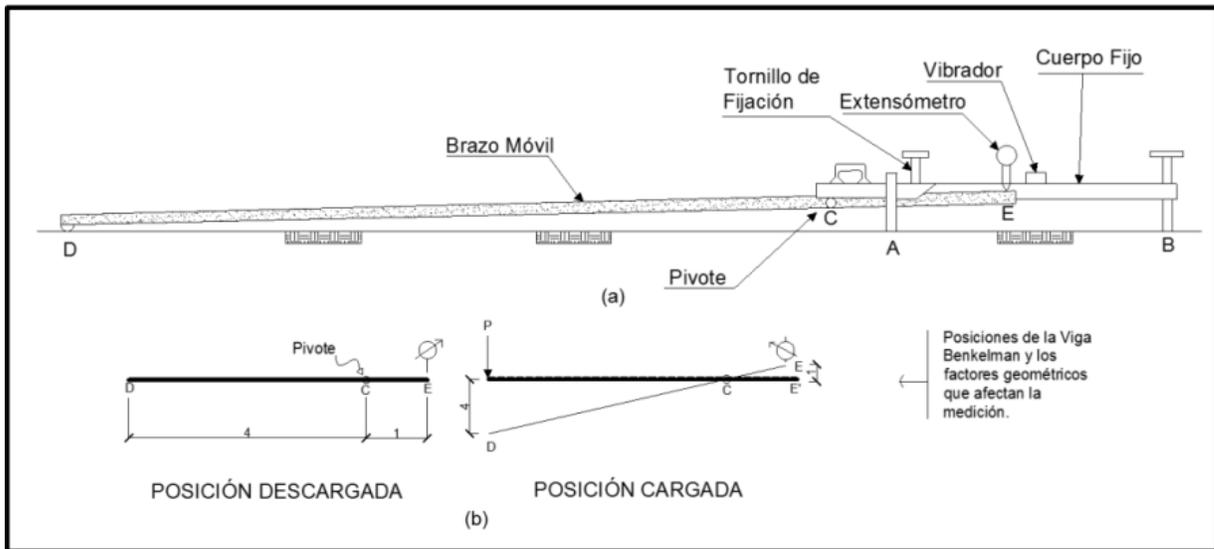
Fc: Factor carril

r: % de crecimiento

n: Periodo de diseño

## 2. VIGA DE BENKELMAN

La Viga de Benkelman es un equipo mecánico con un diseño simple y tiene las siguientes características:



*Figura 7 Viga de Benkelman, detalles de instrumento*

Consta de un elemento fijo el cual se apoya en el pavimento a través de sus apoyos fijos y el apoyo regulable y a su vez cuenta con un brazo móvil que se apoya en un extremo directamente al pavimento en el punto donde se realizaran las mediciones de los diales y el otro en contacto con el extensómetro. (MTC, 2016)

Con las lecturas obtenidas en los puntos ensayados se determina las deflexiones del pavimento, para calcular dichas deflexiones se tiene que tener en cuenta la relación del brazo de la viga, puede ser de 4:1, 2:1. La viga de Benkelman cuenta con un vibrador incorporado el cual nos permite tomar las lecturas de los diales no se distorsionen por factores externos. (Fernandez, 2020)

### **Requerimientos de evaluación**

De acuerdo a los requerimientos mínimos que nos exige el MTC para la evaluación de las deflexiones en el pavimento mediante la Viga de Benkelman son: (MTC, 2016)

- Viga Benkelman correctamente calibrado.
- Extensómetro con diales cada 0.01mm

- Un camión acondicionado para contar con 8.2ton, y neumáticos con una presión 80psi. (eje posterior)
- Reloj
- Termómetro y manómetro
- Accesorios varios (Cinta métrica, hoja de recolección de datos, varilla de metal, tiza, clavos y martillo).

### **Procedimiento de Campo**

(MTC, 2016) En primer lugar, se tiene que marcar los puntos a ensayar cada 25m en ambos carriles y de forma alternada. Los puntos a ensayar deben situarse de acuerdo a las características propias de cada pavimento de acuerdo a la siguiente tabla:

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

*Tabla 8 Ubicación del lugar de ensayo de acuerdo a las características del pavimento, (MTC, 2016).*

El eje posterior del camión se debe ubicar en el punto a ensayar para lo cual se realizará con la ayuda de una varilla metálica adosada a la parte exterior de la tolva del camión, lo cual nos indicará la medida exacta al eje de carga de los neumáticos.

La viga se coloca sobre el pavimento, detrás del camión, de modo que la punta del brazo móvil se ubique en el punto a ensayar evitando que la Viga este en contacto con los neumáticos. (MTC, 2016)

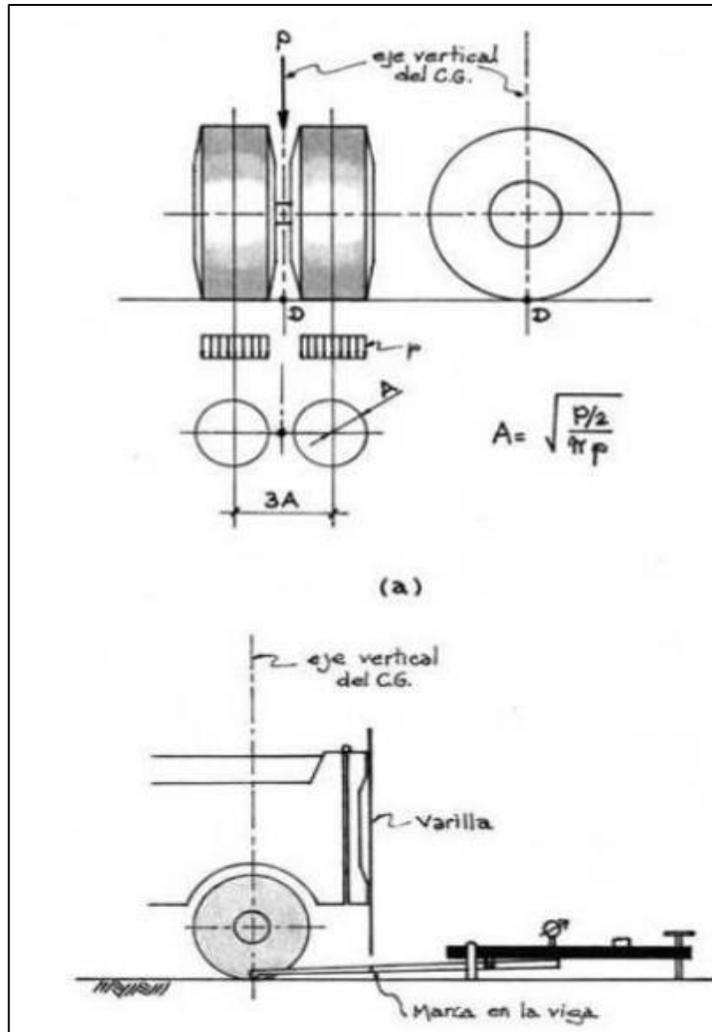


Figura 8 Ubicación del eje posterior del camión y la punta del brazo móvil de la Viga de Benkelman

De cada punto a ensayar se toman lecturas cada 25cm, 50cm, siendo la primera lectura tomada como la deflexión máxima, debido a que en el punto inicial el eje de los neumáticos se encuentra sobre el punto ensayado.

Al tomar lectura de los puntos L0 y L25, se le indica al conductor avanzar lentamente a razón de 2km/h hasta que su eje posterior se encuentre sobre el punto ensayado, observando la aguja del dial. En el caso de que la aguja del dial se detenga y se mueva de forma inversa, resultará que existe una deformación

que se observará como el pavimento regresa a su forma inicial. De acuerdo a la metodología del análisis se requiere de 3 lecturas como mínimo. Como norma se requieren de marcas adicionales y ellas se ubicarán teniendo en cuenta la distancia para la medida a una distancia para lo cual la medición de la deformación nos de la media de la deflexión máxima y la siguiente marca será al doble de distancia del mismo. (MTC, 2016)

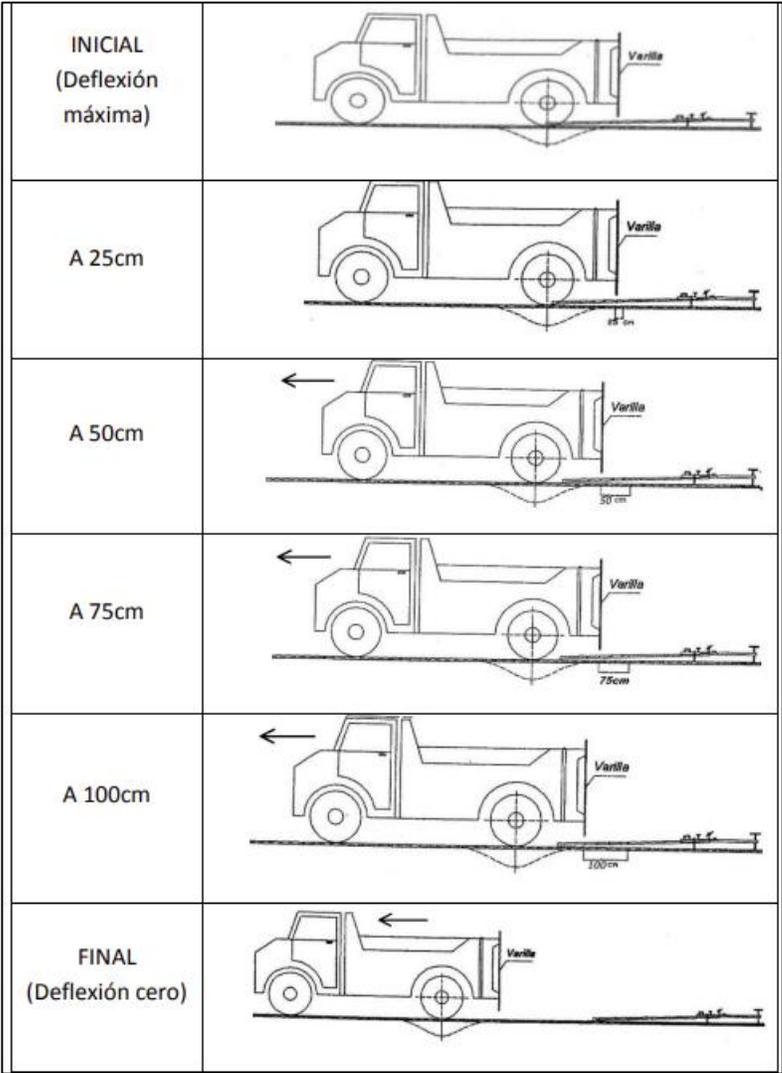


Figura 9 procedimiento para la lectura de deflexiones

Se requiere contar con personal altamente calificado para obtener los resultados óptimos para nuestra investigación.

<b>Proyecto: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022</b>												
LUGAR		: LIMA - LIMA - CHORRILLOS										
ELABORADO POR:		LIZARBE PALACIOS, CURTH - LONGA SOLON JULIO CESAR										
<b>FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO - VIGA DE BENKELMAN</b>												
EQUIPO:		VIGA BENKELMAN				SEPARACION:					C/25 mts.	
FECHA:		06 MAYO 2022				RELACIÓN DE VIGA:					2 EN 1	
TRAMO:		Km.	AL	1+650.00			F.C.E.					1.00
<b>DATOS DE CAMPO</b>												
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>-2</sup> mm					Observaciones		
					L MÁX.	L100	L50	L25	L0			
1	0+000.00	DER										
2	0+025.00	IZQ										
3	0+050.00	DER										
4	0+075.00	IZQ										
5	0+100.00	DER										
6	0+125.00	IZQ										
7	0+150.00	DER										
8	0+175.00	IZQ										
9	0+200.00	DER										

Tabla 9 Hoja de recolección de datos.

### Cálculo de las deflexiones

(MTC, 2016) Las deflexiones se realizan mediante la siguiente formula:

$$D_n = (L_f - L_n) \times R_b$$

Dn: Deformación en la medida n

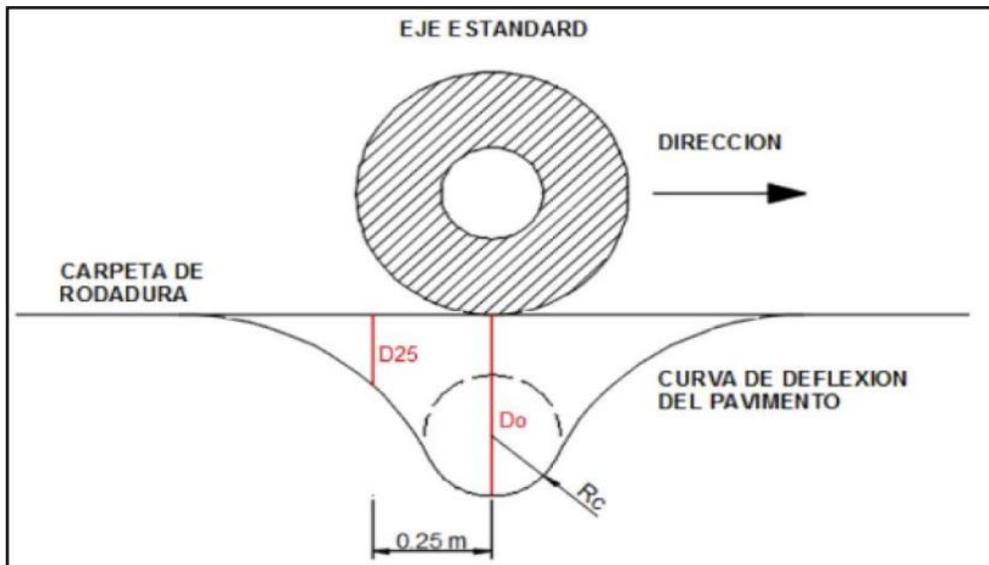
Lf: Lectura final

Ln: Lectura en la medida n

Rv: Relación de brazos de Viga 1:2

### Radio de Curvatura

Es la Deformación característica que muestra el pavimento por la carga aplicada por los neumáticos y que se refleja en las capas inferiores de la calzada.



*Figura 10 Deflexión y radio curvatura de pavimento*

Para calcular el radio de curvatura, se asume que deflexión que sufre el pavimento a una distancia de 25cm se asemeja a una parábola con respecto al plano.

(MTC, 2016), El radio curvatura se obtiene de la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{3125}{D_0 - D_{25}}$$

Rc: Radio Curvatura (m)

D0: Deformación recuperable en el eje vertical de carga

D25: Deformación recuperable a 25 cm del eje vertical

### **Deflexión Característica**

(MTC, 2016), La deflexión característica se relaciona directamente con el estudio de tránsito y se obtiene de la siguiente tabla:

Tipo de carretera	Deflexión característica $D_c$	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras cuales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000- 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	$D_c = D_m + 1.645 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000- 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	$D_c = D_m + 1.282 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400- 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	$D_c = D_m + 1.282 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA $\leq 200$ veh/día, de una calzada	$D_c = D_m + 1.036 \cdot \sigma$	Deflexión característica, para una confiabilidad de 85%
Nota: $D_c$ = Deflexión característica, $D_m$ =Deflexión media, $\sigma$ =Desviación estándar		

*Tabla 10 Deflexiones características según el IMDA, (MTC, 2016),*

### **Deflexión Admisible**

Es un valor relacionado al estudio de tráfico, el cual asegura la calidad del pavimento de acuerdo al tipo de carga al que será sometido.

$$D_{adm} = \left( \frac{1.15}{N} \right)^{0.25}$$

N: valor de ESAL (del estudio de tránsito)

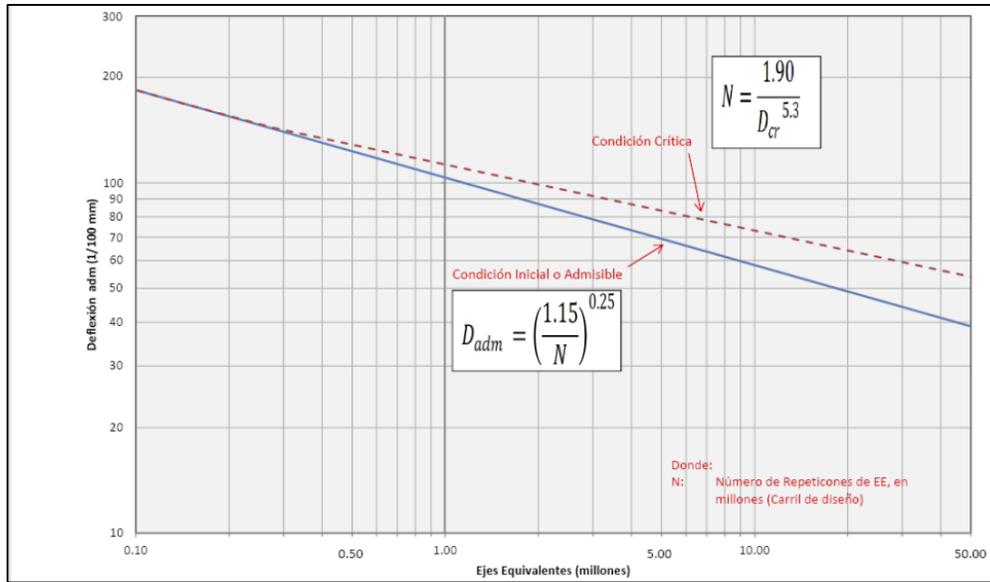


Figura 11 Deflexión admisible vs número de ejes equivalentes (ESAL)

### Deflexión Crítica

La deflexión crítica, establece el límite para la deflexión al culminar su tiempo de diseño en mm, posterior a ello no asegura la serviciabilidad de la estructura del pavimento. (MTC, 2016), y se evalúa con la siguiente ecuación:

$$D_{CR} = \left( \frac{1.90}{N18} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

DCR: Deflexión crítica

N18: ESAL en millones

### Deflexiones y Radios Curvatura

Tipo de deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c < 100$

Tipo VI	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$
---------	------------------	------------------

Tabla 11 Características del pavimento del análisis de las deflexiones y radios curvatura. (CONREVIAl, 1982)

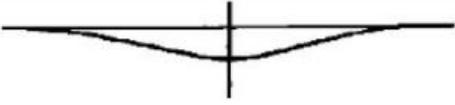
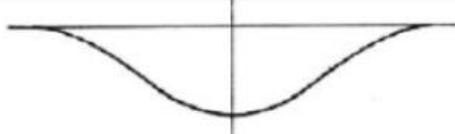
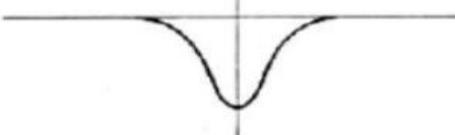
Tipo	Cuenca de deflexiones	Curva medida	Pavimento evaluado
I		Curva extensa Poco Profunda	Buen Pavimento Buena Subrasante
II		Curva extensa Profunda	Buen Pavimento Mala Subrasante
III		Curva corta Poco Profunda	Mal Pavimento Buena Subrasante
IV		Curva corta Profunda	Mal Pavimento Mala Subrasante

Tabla 12 Características de las deflexiones por radio de curvatura

De las tablas 11 y 12 se concluye que: Para que el pavimento analizado se encuentre en buen estado estructural, debe cumplirse que ( $D_c < D_{adm}$ ) y que el  $RC > 80m$ .

Determinando si la estructura del pavimento requiere una mejora superficial, un refuerzo estructural o una reconstrucción (MTC, 2016)

### **III. METODOLOGÍA**

## **a) Tipo, nivel, diseño y enfoque de investigación**

### **Tipo de investigación**

(Baena, 2017) Da mención que la investigación aplicada tiene como principal objetivo el estudio del problema que se encuentra planteado a la acción, este tipo de investigación también puede aportar sucesos nuevos, de forma clara para que se pueda creer en lo nuevo que se descubrió y que la información sea estimable y útil. Tiene como posibilidad concreta llevar a la práctica toda teoría general, destinada a los hombres y la sociedad. El presente proyecto de investigación es considerada aplicada porque hemos usado las teorías existentes.

### **Nivel de investigación**

(Marroquin, 2017) Menciona que este método se encuentra basado en la visualización, por eso es importante tener en cuenta ciertos factores como son prestar atención, la sensación, tener buena percepción y reflexionar. Un problema de este método es que no controla las amenazas que pueden manchar su validez externa e interna de la investigación. En este proyecto hemos realizado una investigación descriptiva ya que nos hemos enfocado en describir la severidad de los defectos encontrados en la capa de asfalto y se clasifico sus características de acuerdo al método del PCI.

### **Diseño de investigación**

(Hernández, y otros, 2018) Será de diseño no experimental, hemos mencionado que en la investigación se pudo realizar de una forma muy sencilla ya que primero se realizó la selección del grupo a estudiar y luego le asignamos la variable deseada. Luego de haber analizado los resultados llegamos a las conclusiones.

### **Enfoque de investigación**

(Hernández, y otros, 2018) El presente proyecto es cuantitativo; por lo que se realizó un procedimiento de recopilación y análisis de datos y de ellas obtuvimos resultados descriptivos. Para lo cual utilizamos el método del PCI y la Viga de Benkelman de acuerdo a los procedimientos que indican las normas de la ASTM D6433 y el manual de carreteras del MTC. (MTC, 2016)

## **b) Variables y operacionalización**

### Variables

En el presente proyecto contamos con variables independientes y dependientes.

Variable Independiente (VI):

Evaluación superficial del pavimento flexible

Variable Dependiente (VD):

Evaluación estructural del pavimento flexible

### Operacionalización

La Operacionalización es el paso por el cual se clasifican sistemáticamente las variables, conceptos, dimensiones, indicadores e instrumentos en una tabla.

(Castro, y otros, 2020).

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
<b>VI: Evaluación superficial del pavimento flexible</b>	Se utilizará el método del PCI con la finalidad de reconocer la calidad superficial y el estado general de la calzada, teniendo en cuenta todos los factores que indiquen negativamente en el estado del servicio, (Solminihac, y otros, 2018)	Para la realización de la variable independiente evaluación superficial se utilizará la inspección visual y recopilación de información con ayuda del manual de fallas y formatos del PCI diagnosticar los niveles de severidad del pavimento flexible.	Clasificación de Fallas o Patologías del pavimento	Piel de cocodrilo	m2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hojas de registro</li> <li>- Fichas técnicas</li> <li>- Manual del método del PCI</li> <li>- Inspección visual</li> <li>- Cinta métrica</li> <li>- Hoja de cálculo en Excel</li> </ul>
				Grietas de borde	ml	
				Agrietamiento de bloque	m2	
				Abultamiento y hundimiento	m2	
				Corrugación	m2	
				Exudación	m2	
				Hueco	Und	
				Grietas longitudinales y transversales	ml	
			Clasificación del estado del pavimento	Índice de PCI	Adimensional	
			Clasificación por índice obtenido		Escala	

Tabla 13 Operacionalización de la variable independiente.

Fuente: Elaboración propia

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos	
VD: Evaluación estructural del pavimento flexible	Nos permite evaluar la estructura del pavimento mediante ensayos no destructivos, se medirá las deflexiones de la estructura del pavimento con la Viga de Benkelman, asimismo, se calculará el IMDA y el ESAL con el estudio de tránsito, con ello se podrá determinar el estado del pavimento. (Solminihac, y otros, 2018)	Se realizó un conteo vehicular por 7 días consecutivos, obteniendo el IMDA y el número de ejes equivalentes ESAL.	Estudio de tránsito	IMDA	Veh/día	- Hoja de registro de IMDA	
			Número de ejes equivalentes	ESAL	Adimensional	- Cronometro - Hojas de cálculo Excel	
		Se realizó el ensayo con la Viga de Benkelman, del cual se obtuvieron las deflexiones y radios de curvatura del pavimento	Ensayo mediante la Viga de Benkelman	Deflexión	mm	Adimensional	- Viga de Benkelman
				Radio de Curvatura	m		- Hoja de registro de deflexiones
			Tipos de Deflexiones	Deflexión Crítica	Adimensional	- Termómetro con aguja	
				Deflexión Admisible		- Hojas de cálculo Excel	
				Deflexión característica			

Tabla 14 Operacionalización de la variable dependiente

Fuente: Elaboración propia

## c) Población, muestra y muestreo

### 3.3.1. Población

Es un todo con el cual se toman una serie de especificaciones para de esta manera determinarla, en base al estudio a realizar. (Hernández, y otros, 2018), p.198

A nivel local. El 71% de pistas de Lima Metropolitana y Callao se encuentran en mal estado presentando grietas, baches y piel de cocodrilo, la investigación tomó como población las cuatro cuadras de la Av. Alameda del Premio Real ubicada en la Urb. Los Huertos de Villa, distrito de Chorrillos, con una longitud total de 1660.00m.

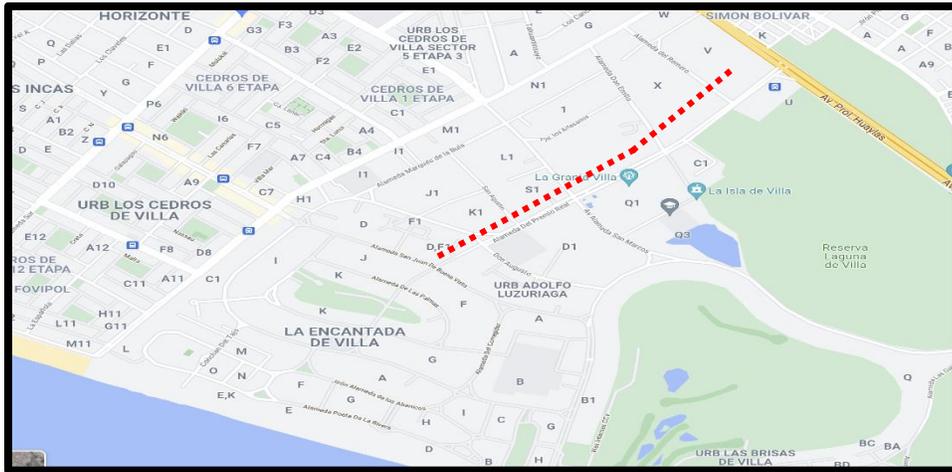


Figura 12 Av. Alameda del premio real, Distrito de Chorrillos.

Fuente: Google Maps.



Figura 13 vista tomada por drones las calles a evaluar Av. Alameda del Premio Real.

Fuente: Elaboración propia.

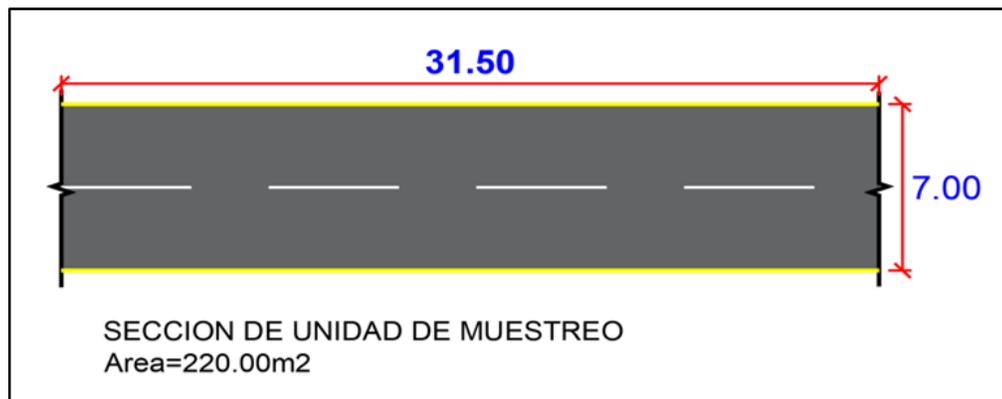
### 3.3.2. Muestra

(Hernández, y otros, 2018) Pertenece a la investigación, siendo esta una parte representativa de dicha población (p. 196).

Para la presente investigación, determinaremos la muestra de la siguiente forma:

- **Método del PCI**

Dividimos las muestras de acuerdo al manual del método del PCI (Vásquez, 2002), con lo cual obtuvimos 53 unidades de muestra. Con las siguientes características



*Figura 14 Sección de vía a utilizar para cada unidad de muestreo*

- **Viga de Benkelman**

Se realizó en ambos carriles y cada 25.00m como lo indica los procedimientos del MTC (MTC, 2013).

Por lo cual obtuvimos 67 unidades de muestra.

### 3.3.3. Muestreo

Según (Hernández, y otros, 2018), hace mención sobre la muestra dirigida o no probabilística, la cual se basa en seleccionar unidades o casos ya sea por varios o un solo propósito. También, la muestra es del tipo **muestra no probabilística**, el cual es un muestreo que divide la población en segmentos y de cada segmento selecciona una muestra, (p. 181).

Para la presente investigación, determinaremos la muestra de la siguiente forma:

- **Método del PCI**

Dividimos las muestras de acuerdo al manual del método del PCI, con lo cual de la evaluación realizada se determinó que el número de unidades de muestreo a evaluar fueron igual a 13, asimismo, el intervalo de muestreo fue de 4, por lo tanto, nuestras muestras son U1, U5, U9, U13, U17, U21, U25, U29, U33, U37, U41, U45, U49, U53, en total realizamos la evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el catálogo de fallas del método del PCI en un total de 14 muestras en la tabla 17.

- **Viga de Benkelman**

Se realizó en ambos carriles y cada 25.00m como lo indica los procedimientos del MTC. Por lo cual tuvimos 67 unidades de muestra. Siendo 34 muestras en el lado derecho y 33 muestras en el lado izquierdo de la vía.

#### **d) Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **a) Técnica**

(Hernández, y otros, 2018), La investigación cuenta con técnicas que son el resultado de la selección de información cuantitativa y la descripción, evaluación y confiabilidad de que la información medirá las variables.

Es por ello que el presente estudio trabajara con las siguientes técnicas:

**Variable independiente:** Evaluación superficial del pavimento flexible

- Observación Sistematizada: Basado en Rodríguez (2005) es una de las técnicas más usadas por los investigadores por lo que se observa detalladamente los fenómenos existentes (p.98).
- Evaluación

**Variable dependiente:** Evaluación estructural del pavimento flexible

- Evaluación
- Análisis

##### **b) Instrumentos**

Se determinan y elaboran de acuerdo al tipo de investigación. Es importante recalcar que los instrumentos pueden ser validados y estandarizados teniendo

en cuenta la finalidad de dicha investigación, llegando de esta manera a los resultados que logren los objetivos generales y específicos (Hernández, y otros, 2018).

De acuerdo a lo mencionado se usaron los instrumentos en base a cada una de las variables:

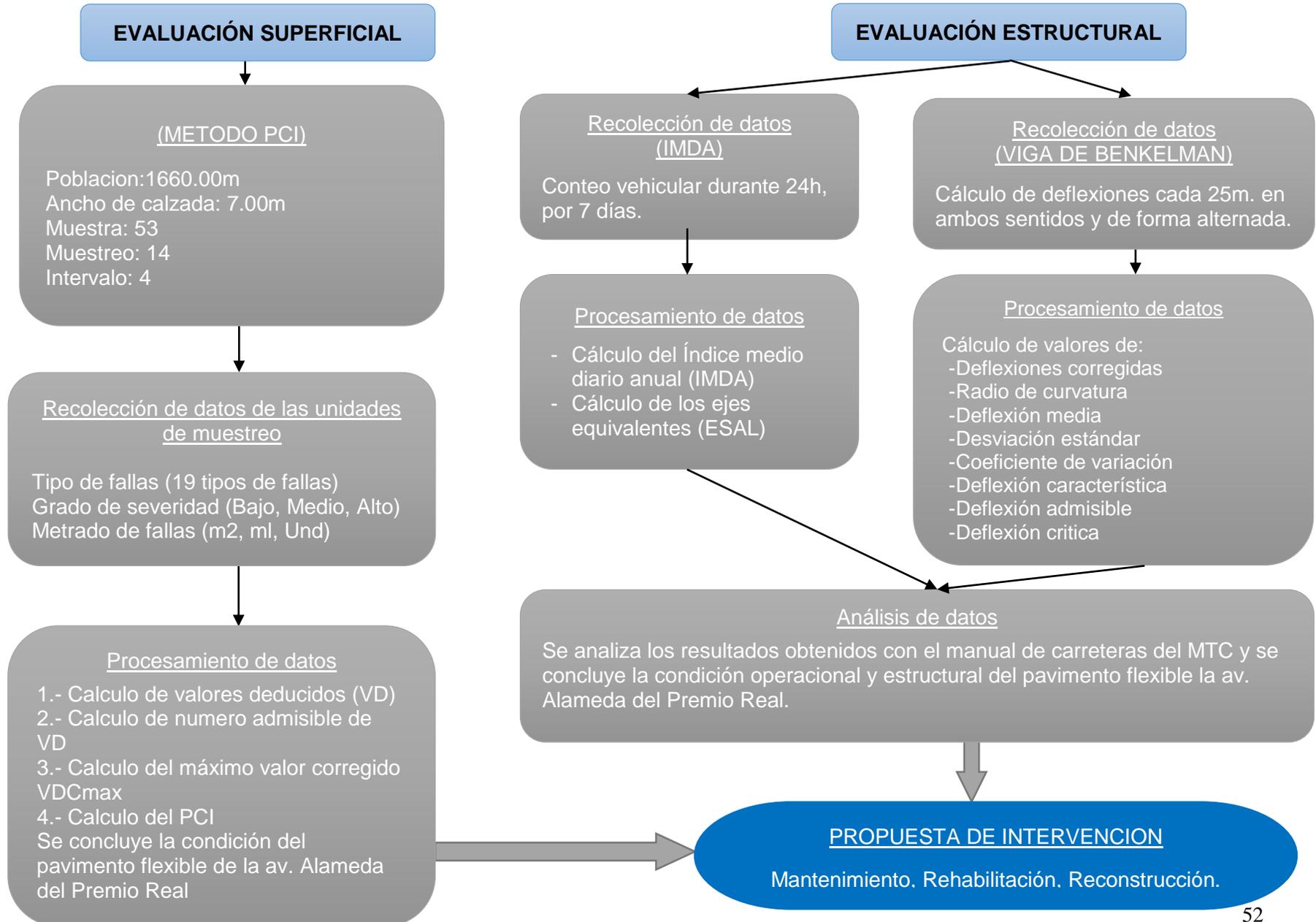
**Variable independiente:** Evaluación superficial del pavimento flexible

- Hojas de registro
- Fichas técnicas
- Manual del método del PCI
- Inspección visual
- Cinta métrica
- Hoja de cálculo en Excel

**Variable dependiente:** Evaluación estructural del pavimento flexible

- Hoja de registro de IMDA
- Cronometro
- Hojas de cálculo Excel.
- Manual del MTC
- Viga de Benkelman
- Hoja de registro de deflexiones
- Camión volquete calibrado a 8.2tn en el eje posterior
- Termómetro con aguja
- Martillo, clavos, yeso
- Hojas de cálculo Excel.
- Manual del MTC

**e) Procedimientos**



#### **f) Método de análisis de datos**

(Hernández, y otros, 2018): Los datos recopilados fueron analizados, examinados, categorizados y tabulados para de esta manera estructurar y observar las proposiciones del estudio inicial. Mediante los dos instrumentos de recolección de datos validados por 3 ingenieros civiles colegiados, así como también, obteniendo una confiabilidad de los instrumentos mediante el Alfa de Cronbach de excelente, Instrumentos en Anexos.

#### **g) Aspectos éticos**

Gómez (2018) Hace referencia sobre los aspectos éticos, los cuales se obtendrán resultados con respecto a cada ensayo realizado, lo cual se tratará de forma confidencial y respetando cada resultado obtenido, siendo de manera confidencial. Estos datos no serán manipulados ni cambiados, para que no se señale como plagio de otro proyecto de investigación y sea utilizado como referencia ante cualquier otra indagación relacionada. El presente investigador al momento de ejecutar cada recolección de los datos se está comprometiendo a no modificar ni alterar ningún resultado que se obtenga en cada ensayo, utilizando diversas fuentes como tesis, manuales, artículos entre otros que se encuentren relacionados con el tema a investigar, respetando el derecho de cada autor mencionado.

#### **IV. RESULTADOS**

Los resultados correspondientes a la evaluación superficial y estructural del pavimento flexible se muestran de acuerdo a los objetivos planteados. Siguiendo la secuencia de los procedimientos de evaluación antes mencionados, finalmente hacemos uso de tablas y gráficos para su representación.

#### 4.1. RESULTADOS DEL OBJETIVO GENERAL

El objetivo planteado fue: Evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real.

##### 4.1.1. Evaluación superficial

La evaluación superficial se realizó mediante el método del PCI, para lo cual partimos de la determinación de la cantidad de unidades de muestra, siendo la población de 1660.00metros con un ancho de 7.00m, se obtuvo un total de 53 unidades de muestra, de los cuales evaluamos 14 unidades de muestreo partiendo de la UM-01, con un intervalo de 4 unidades de muestra (UM-01, UM-05, UM-09, UM-13, UM-17, UM-21, UM-25, UM-29, UM-33, UM-37, UM-41, UM-45, UM-49, UM-53), cada unidad de muestra representó a una sección de vía de 31.50m de largo y 7.00m de ancho, representando 220.00 m<sup>2</sup> por unidad de muestreo evaluada obteniendo los siguientes resultados.

Unidades de muestra	Inicio de Progresiva	Fin de Progresiva	PCI / Muestreo	Condición / Muestreo	PCI / Total	Condición / Total
UM-01	0+000.00	0+031.50	48	REGULAR	43.71	REGULAR
UM-05	0+126.00	0+157.50	66	BUENO		
UM-09	0+252.00	0+283.50	45	REGULAR		
UM-13	0+378.00	0+409.50	38	MALO		
UM-17	0+504.00	0+535.50	56	BUENO		
UM-21	0+630.00	0+661.50	21	MUY MALO		
UM-25	0+756.00	0+787.50	72	MUY BUENO		

UM-29	0+882.00	0+913.50	76	MUY BUENO
UM-33	1+008.00	1+039.50	50	REGULAR
UM-37	1+134.00	1+165.50	28	MALO
UM-41	1+260.00	1+291.50	10	FALLADO
UM-45	1+386.00	1+417.50	40	MALO
UM-49	1+512.00	1+543.50	44	REGULAR
UM-53	1+638.00	1+660.00	18	MUY MALO

*Tabla 15 Índice de condición de pavimento por unidad de muestra.*

De la evaluación de las 14 unidades de muestreo, obtuvimos los índices de condición de pavimento de cada uno.

Realizamos la media aritmética de los valores de PCI obtenidos /unidad de muestreo, lo cual nos dió un valor de PCI para todo el pavimento de 43.71, clasificándose como REGULAR.

#### 4.1.2. Evaluación estructural

##### a) Ensayo con la Viga de Benkelman

Medición de las deformaciones generadas por la carga del eje posterior de un camión con 8.2tn, mediante la Viga de Benkelman con una relación de brazos de 2:1.

Proyecto: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022												
LUGAR		: LIMA - LIMA - CHORRILLOS										
ELABORADO POR:		LIZARBE PALACIOS, CURTH - LONGA SOLON JULIO CESAR										
CALCULO DE DEFLEXIONES Y RADIOS DE CURVATURA												
EQUIPO :		VIGA BENKELMAN					SEPARACION: C/25 mts.					
FECHA :		06 MAYO 2022					RELACIÓN DE VIGA: 2 EN 1					
TRAMO :		0+000.00	AL	1+650.00		F.C.E. 1.00						
DATOS DE CAMPO												
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>2</sup> mm					DEFLEXIONES E <sup>2</sup> mm		RAD. CURV.
					L MÁX.	L100	L50	L25	L0	D MÁX.	D25	
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	18.0	12.0	6.6	0.00	48.0	13.2	89.80
2	0+025.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	3.1	0.00	34.0	6.3	112.72
3	0+050.00	DER	17	41	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	36.0	8.0	111.61
4	0+075.00	IZQ	17	41	22.0	16.5	11.0	5.5	0.00	44.0	11.0	94.70
5	0+100.00	DER	17	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
6	0+125.00	IZQ	17	42	18.0	14.0	10.0	5.0	0.00	36.0	10.0	120.19
7	0+150.00	DER	17	41	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
8	0+175.00	IZQ	17	41	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	40.0	10.0	104.17
9	0+200.00	DER	17	40	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0	135.87
10	0+225.00	IZQ	17	41	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	44.0	13.0	100.81
11	0+250.00	DER	17	39	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	46.0	15.0	100.81
12	0+275.00	IZQ	17	42	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
13	0+300.00	DER	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
14	0+325.00	IZQ	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
15	0+350.00	DER	17	43	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	38.0	11.0	115.74
16	0+375.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	34.0	8.0	120.19
17	0+400.00	DER	17	42	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	30.0	6.0	130.21
18	0+425.00	IZQ	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	34.0	8.0	120.19
19	0+450.00	DER	17	40	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	40.0	10.0	104.17
20	0+475.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	46.0	14.0	97.66
21	0+500.00	DER	18	42	26.0	19.0	12.0	6.0	0.00	52.0	12.0	78.13
22	0+525.00	IZQ	18	41	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	34.0	9.0	125.00
23	0+550.00	DER	18	42	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	44.0	14.0	104.17
24	0+575.00	IZQ	18	39	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	34.0	9.0	125.00
25	0+600.00	DER	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
26	0+625.00	IZQ	18	40	22.0	17.0	12.0	6.0	0.00	44.0	12.0	97.66
27	0+650.00	DER	18	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	48.0	16.0	97.66
28	0+675.00	IZQ	18	40	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	44.0	13.0	100.81
29	0+700.00	DER	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
30	0+725.00	IZQ	18	41	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	30.0	6.0	130.21
31	0+750.00	DER	18	42	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	42.0	13.0	107.76
32	0+775.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
33	0+800.00	DER	18	42	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	36.0	8.0	111.61

34	0+825.00	IZQ	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	<b>28.0</b>	6.0	142.05
35	0+850.00	DER	18	40	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	<b>30.0</b>	6.0	130.21
36	0+875.00	IZQ	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
37	0+900.00	DER	18	40	23.0	18.0	13.0	6.5	0.00	<b>46.0</b>	13.0	94.70
38	0+925.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
39	0+950.00	DER	18	42	16.0	11.0	6.0	3.0	0.00	<b>32.0</b>	6.0	120.19
40	0+975.00	IZQ	18	43	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
41	1+000.00	DER	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
42	1+025.00	IZQ	18	41	19.0	14.0	9.0	4.5	0.00	<b>38.0</b>	9.0	107.76
43	1+050.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	<b>42.0</b>	13.0	107.76
44	1+075.00	IZQ	18	41	23.0	17.5	12.0	6.0	0.00	<b>46.0</b>	12.0	91.91
45	1+100.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	<b>42.0</b>	13.0	107.76
46	1+125.00	IZQ	18	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
47	1+150.00	DER	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
48	1+175.00	IZQ	18	40	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	<b>38.0</b>	11.0	115.74
49	1+200.00	DER	18	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
50	1+225.00	IZQ	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
51	1+250.00	DER	17	42	16.0	11.5	7.0	3.5	0.00	<b>32.0</b>	7.0	125.00
52	1+275.00	IZQ	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	<b>42.0</b>	11.0	100.81
53	1+300.00	DER	17	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
54	1+325.00	IZQ	17	40	16.0	12.0	8.0	4.0	0.00	<b>32.0</b>	8.0	130.21
55	1+350.00	DER	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	<b>42.0</b>	11.0	100.81
56	1+375.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	<b>46.0</b>	14.0	97.66
57	1+400.00	DER	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	<b>34.0</b>	8.0	120.19
58	1+425.00	IZQ	17	40	24.0	19.0	14.0	7.0	0.00	<b>48.0</b>	14.0	91.91
59	1+450.00	DER	17	41	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	<b>44.0</b>	14.0	104.17
60	1+475.00	IZQ	17	42	26.0	22.0	18.0	9.0	0.00	<b>52.0</b>	18.0	91.91
61	1+500.00	DER	17	41	25.0	20.0	15.0	7.5	0.00	<b>50.0</b>	15.0	89.29
62	1+525.00	IZQ	17	42	24.0	19.5	15.0	7.5	0.00	<b>48.0</b>	15.0	94.70
63	1+550.00	DER	17	42	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	<b>46.0</b>	15.0	100.81
64	1+575.00	IZQ	17	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
65	1+600.00	DER	17	42	18.0	12.5	7.0	3.5	0.00	<b>36.0</b>	7.0	107.76
66	1+625.00	IZQ	17	41	26.0	21.5	17.0	8.5	0.00	<b>52.0</b>	17.0	89.29
67	1+650.00	DER	17	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	<b>48.0</b>	16.0	97.66

*Tabla 16* Análisis de deflexiones y radios de curvatura

Determinación de las deflexiones y radios curvatura en los 67 puntos ensayados mediante la viga de Benkelman, realizada en ambos sentidos de la vía y de forma intercalada con una separación de 25 metros.

#### b) Determinación del número de ejes equivalentes (ESAL)

Para el presente estudio se consideró un periodo de diseño de 20 años, con lo cual se obtuvo el valor de ESAL de:

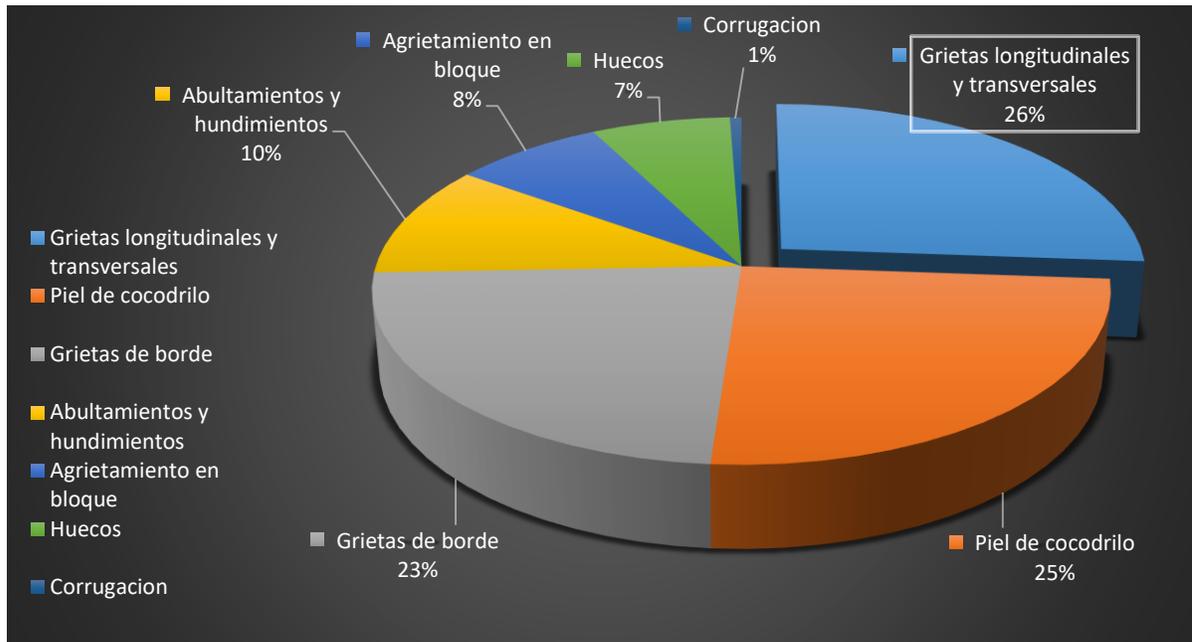
$$ESAL = 869,190.66 = 8.69 \times 10^5$$

#### 4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1

El objetivo planteado fue, determinar el tipo de falla más incidente de toda la sección de vía en evaluación, obteniendo los siguientes resultados de los 14 tramos evaluados.

TIPO DE FALLA	NUMERO DE FALLAS
Grietas longitudinales y transversales	45
Piel de cocodrilo	43
Grietas de borde	40
Abultamientos y hundimientos	18
Agrietamiento en bloque	13
Huecos	12
Corrugación	1

*Tabla 17* Cantidad de fallas encontradas por tipo



*Figura 15* Falla más recurrente de la vía analizada

Siendo la falla “Grietas Longitudinales y Transversales” como la más recurrente en las unidades de muestra evaluadas con 45 hallazgos. Representando un 26% de incidencia con respecto a los 7 tipos de fallas encontrados en el presente estudio.

### 4.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2

El objetivo planteado fue, determinar el volumen de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real y su clasificación vehicular.

#### Estudio de tránsito IMDA

Del conteo de tránsito por 7 días:

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en una semana							Total / Semana	IMD s	FC	IMD a
	L	M	M	J	V	S	D				
Automóvil	223	204	198	233	212	164	63	1297	185	0.951461	176
Station wagon	24	16	19	8	12	4	3	86	12	0.951461	12
Camioneta	122	124	118	115	134	107	35	755	108	0.951461	103
C.R.	32	28	24	29	31	16	8	168	24	0.951461	23
Micro	39	38	42	37	39	30	25	250	36	0.951461	34
Bus Grande	8	9	8	7	8	10	10	60	9	0.951461	8
Camión 2E	16	21	22	12	18	18	14	121	17	1.049601	18
Camión 3E	8	6	13	4	11	5	6	53	8	1.049601	8
<b>Total</b>								<b>2790</b>	<b>399</b>		<b>382</b>

Tabla 18: Obtención del IMDa por tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia

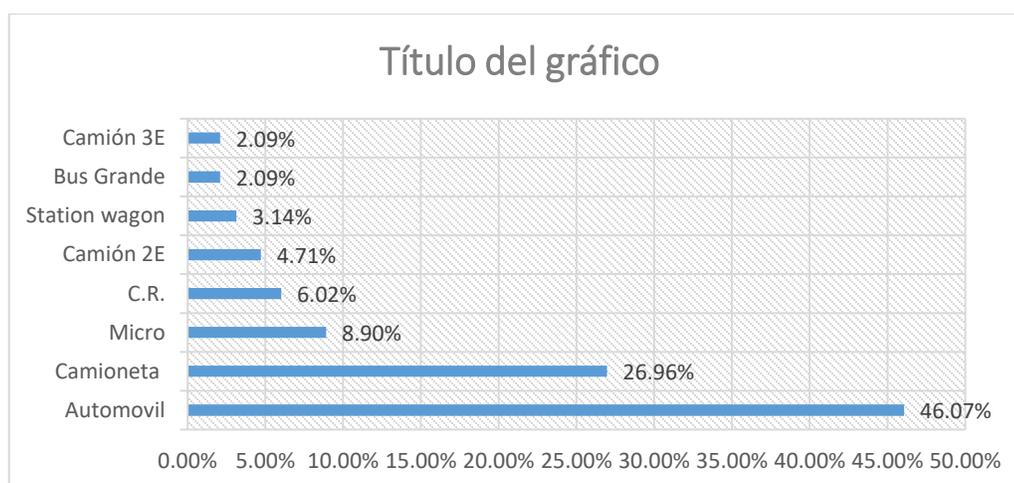


Figura 16 Resultados del IMDA

Fuente: Elaboración propia

El IMDA obtenido del estudio de tránsito fue de 382veh/día, por lo cual la carretera pertenece a una carretera de tercera clase. (MTC, 2016)

#### 4.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3

El objetivo planteado fue, determinar la relación entre la deflexión admisible y la deflexión característica mediante el análisis combinado de los resultados de la evaluación con la Viga de Benkelman.

RESUMEN DE VALORES HALLADOS MEDIANTE LA VIGA DE BENKELMAN											
Nº	TIPO DE ANALISIS	Temp Amb	Temp Pav	E <sup>2</sup> mm					DEFLEXIONES		RAD. CURV. (m)
		°C	°C	L MÁX.	L100	L50	L25	L0	D MÁX.	D25	
ESTADÍSTICAS	D. MEDIA	17	41.04	19.4	15.0	10.5	5.3	0.00	38.8	10.5	112.49
	D. ESTÁNDAR	0.5	0.88	3.5	3.3	3.2	1.6	0.00	6.9	3.3	15.80
	Coef. VARIACION	2.9	2.1	17.8	22.0	30.7	31.1	0.00	17.8	31.1	14.0
	MÁXIMO	18	43	26.0	22.0	18.0	9.0	0.00	52.0	18.0	142.05
	MÍNIMO	17	39	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	78.13
DEFLECCIÓN CARACTERÍSTICA:				47.7 E <sup>2</sup> mm							
DATOS	No DE EJES EQUIVALENTES 20 años (N) (ESAL del IMDA)					8.69	E <sup>+6</sup>				
	DEFLEXION ADMISIBLE (Da)					107.26	E <sup>2</sup> mm				
	DEFLEXION CRITICA (DCR)					115.91	E <sup>2</sup> mm				
	RADIO HUELLA CIRCULAR CONTACTO (A)					10.748	cm.				
	PRESIÓN DE INFLADO (p)					80	psi				
	CARGA SOBRE LA LLANTA					8.2	Ton				
					18000	LBS					

Tabla 19 Resumen de valores hallados mediante la Viga de Benkelman

Resumen de los valores hallados mediante la Viga de Benkelman, Radios de curvatura, Deflexión media, Desviación estándar, Coeficientes de variación, Valores máximos y mínimos, Deflexión admisible, Deflexión crítica, Deflexión característica,

Descripción	Deflexión característica (DCA)	Deflexión admisible (D <sub>adm</sub> )	Radio de Curvatura (RC)	DCA < D <sub>adm</sub>	Rc > 80m	Subrasante	Pavimento
Av. Alameda del Premio Real	47.7 x 10 <sup>-2</sup>	107.26 x 10 <sup>-2</sup>	112.49m	SI	SI	Bueno	Bueno

Tabla 20 Comparación de las deflexiones características y deflexiones admisibles y los radios de curvatura con su valor mínimo

De acuerdo al análisis combinado, la deflexión admisible es mayor a la deflexión característica, y a su vez el radio curvatura es mayor a 80m como lo define el MTC, en conclusión, la subrasante y el pavimento se encuentran en un estado de "Bueno" respectivamente.

#### 4.5. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVO ESPECIFICO 1

Objetivo: Determinar el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.

Hipótesis: La piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.

- Hipótesis nula ( $H_0$ ):

La piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.

- Hipótesis alterna ( $H_a$ ):

La piel de cocodrilo no es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.

Tipos de fallas obtenidos	Cantidad de fallas
Grietas longitudinales y transversales	45
Piel de cocodrilo	43
Grietas de borde	40
Abultamientos y hundimientos	18
Agrietamiento en bloque	13
Huecos	12
Corrugación	1

Haciendo uso de la estadística inferencial:

De la tabla anterior, las grietas longitudinales y transversales es la falla más recurrente en la av. Alameda del Premio Real, por consecuencia se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna "La piel de cocodrilo no es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real".

#### 4.6. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVO ESPECIFICO 2

Objetivo: Determinar el volumen de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real y su clasificación vehicular.

Hipótesis: El IMDA de la Av. Alameda del Premio Real, clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase.

- Hipótesis nula (Ho): IMDA obtenido > 201

El promedio de las diferencias del IMDA obtenido con el IMDA estimado (201) es mayor a cero clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase.

- Hipótesis alterna (Ho): IMDA obtenido  $\leq 0$

El promedio de las diferencias del IMDA obtenido con el IMDA estimado (201) es menor o igual a cero.

Para un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ )

Haremos uso de la herramienta estadística “t” student del SPSS

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par1 H0.IMDA - IMDA OBTENIDO	19,00000	106,07544	40,09275	-79,10342	117,10342	,474	6	,652

Tabla 21 prueba de confiabilidad de resultado de objetivo específico 2

Del análisis efectuado con la herramienta “t” student, determinamos una significancia mayor al 0.05, por consiguiente, la hipótesis nula se acepta. “El promedio de las diferencias del IMDA obtenido con el IMDA estimado (201) es mayor a cero clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase.

#### 4.7. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVO ESPECIFICO 3

Objetivo: Determinar la relación entre la deflexión admisible y la deflexión característica mediante el análisis combinado de los resultados de la evaluación con la Viga de Benkelman.

Hipótesis: La deflexión característica es mayor a la deflexión admisible por lo que la subrasante tiene condición de malo.

- Hipótesis nula ( $H_0$ ):  $DCA - D_{adm} > 0$

La diferencia del promedio de las deflexiones características con las deflexiones admisibles es mayor a cero por lo que la subrasante tiene condición de MALO.

- Hipótesis alterna ( $H_a$ ):  $DCA - D_{adm} \leq 0$

La diferencia del promedio de las deflexiones características con las deflexiones admisibles es menor o igual a cero por lo que la subrasante tiene condición de BUENO.

Para un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ )

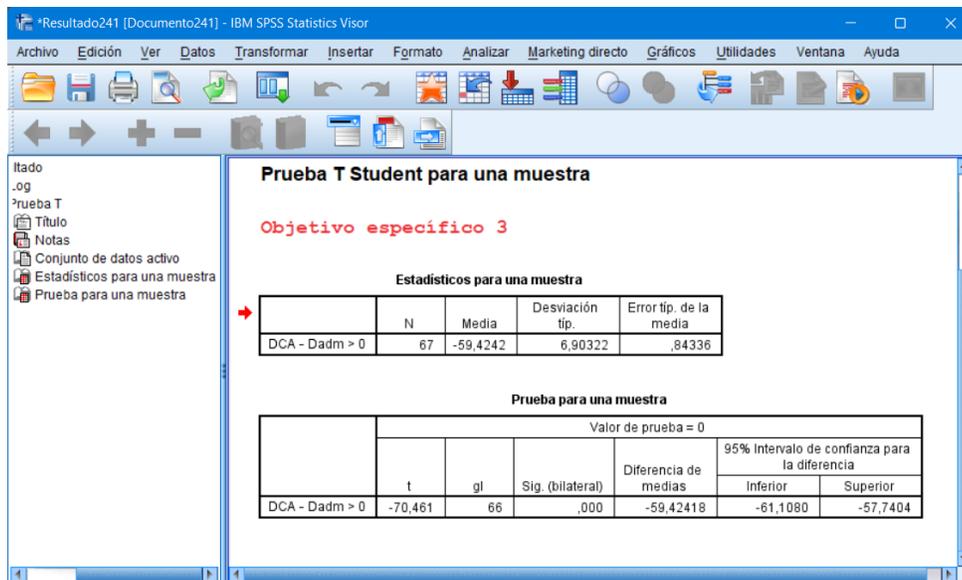


Figura 17 Confiabilidad de resultado obj. Especifico 3 – T Student  
Fuente: Elaboración propia

Del análisis efectuado con la herramienta “t” student, determinamos que las diferencias de medias de  $DCA - D_{adm}$  no es  $> 0$ , por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna “La diferencia del promedio de las deflexiones características con las deflexiones admisibles es menor o igual a cero por lo que la subrasante tiene condición de BUENO”

## V. DISCUSIÓN

### **5.1. Discusión del objetivo general**

En la presente investigación, se realizó la evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Alameda del Premio Real con una longitud de 1.66km y 14 unidades de muestra mediante el método del PCI, con los lineamientos de la norma ASTM D6433-07, del cual obtuvimos un valor de 43.71, clasificándose como un pavimento regular.

A nivel internacional, (Garcés, 2017) obtuvo un valor de PCI de 41, clasificándose como REGULAR. Recomienda realizar actividades de mantenimiento rutinario y preventivos para evitar deterioros y daños permanentes en la estructura del pavimento.

A nivel nacional, (Ramos, 2021) Para la evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Lambramani con una longitud de 1.72km y 17 unidades de muestra, obtuvo un valor de PCI de 52 Clasificándose como "REGULAR". Concluyó realizar un mantenimiento rutinario y periódico para garantizar el periodo de diseño del pavimento.

La metodología realizada para evaluar los pavimentos mediante este método es similar a todos los trabajos de investigación, tal es así que, (Garcés, 2017) determinó que su carretera corresponde a una carretera dual o multicarril. Y a su vez, (Ramos, 2021) determinó que su carretera corresponde a una carretera de tipo autopista, ambos perteneciendo a distintos tipos de carretera incluyendo el de nuestra investigación, Concluyen resultados similares respecto a la capacidad superficial del pavimento con una calificación de REGULAR. Existen fallas superficiales que deben corregirse antes de que las condiciones del pavimento empeoren y el mantenimiento requiera de una mayor inversión.

## **5.2. Discusión del objetivo específico 1**

En la presente investigación, se realizó la evaluación superficial del pavimento de la av. Alameda del Premio Real, obteniendo las fallas de grietas longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, grietas de borde, abultamiento y hundimiento, como las fallas más recurrentes respectivamente.

A nivel internacional, (Garcés, 2017) Las fallas encontradas más recurrentes en el pavimento de la vía Azogues-Cojitambo- Déleg- La Raya son piel de cocodrilo, fisuras, hundimiento, baches, pulimento de agregados, respectivamente.

A nivel internacional, (Maguiña, 2017) determinó la falla de desprendimiento de agregados como el más recurrente en el pavimento flexible de la urbanización Los Jardines, Barranca.

A nivel nacional, (Ramos, 2021) la falla más recurrente encontrada en la av. Lambramani es la falla grietas longitudinales y transversales.

La metodología para obtener las fallas más recurrentes en el pavimento flexible se realizó utilizando el manual del índice de condición de pavimento (PAVIMENTOS, 2016) y el manual de carreteras del MTC, (MTC, 2016).

Concluyendo que se cumplió el objetivo de determinar la falla más recurrente, pero no existe ninguna relación entre los resultados obtenidos con respecto al tipo de falla más recurrente, ya que los tipos de fallas tienen orígenes en relación al lugar, solicitaciones de cargas, clima, estructura de pavimento.

### **5.3. Discusión del objetivo específico 2**

En la presente investigación, aplicando el manual de carreteras del (MTC, 2016), se obtuvo un IMDA de 382veh/día, con lo cual la av. Alameda del Premio Real se clasifica como un pavimento de tercera clase, así mismo, se obtuvo un valor de ESAL de  $869,190.66=8.69 \times 10^5$ .

A nivel internacional, (Maguiña, 2017) determinó que el pavimento se encuentra en estado regular, obteniendo o un valor de PCI de 49. Y un IMDA de 1248 veh/día que lo califica como una carretera de segunda clase, así mismo, recomendó tener especial consideración al momento de diseñar el pavimento y considerar las cargas adicionales teniendo en cuenta que el flujo vehicular puede variar en el tiempo y con ello el pavimento podría sufrir fatiga y no cumplir con su tiempo de diseño.

A nivel internacional, (Garcés, 2017) determinó que el pavimento se encuentra en estado regular, obteniendo o un valor de PCI de 41. Y un TPDA o IMDA de 4755veh/día que lo califica como una carretera dual o multicarril, así mismo, obtuvieron el valor de ESAL de  $6.11 \times 10^6$ . Recomienda realizar actividades de mantenimiento rutinario y preventivos para evitar deterioros y daños permanentes en la estructura del pavimento.

A nivel nacional, (Ramos, 2021) determinó que el estado de la Av. Lambramani es regular, con un valor de PCI de 52. Y un IMDA  $>6000$ veh/día que lo califica como una autopista, así mismo, obtuvieron el valor de ESAL de  $1.82 \times 10^6$ . Concluyendo que se debe realizar trabajos de mantenimiento rutinario y periódico para asegurar el tiempo de diseño del pavimento.

La metodología para obtener el IMDA y el valor de ESAL se realizó mediante el manual de carreteras del MTC, (MTC, 2016), existiendo relación entre la investigación realizada con la de estos autores, por lo tanto, se llegó a la conclusión que el IMDA se debe realizar adecuadamente, teniendo en consideración la tasa de crecimiento vehicular a fin de realizar un diseño que contemple estos cambios inesperados para garantizar el periodo de diseño propuesto.

#### **5.4. Discusión del objetivo específico 3**

En la presente investigación, se realizó la evaluación estructural del pavimento flexible de la av. Alameda del Premio Real con el ensayo de la Viga de Benkelman, donde obtuvimos los valores de deflexión característica de  $47.7 \times 10^{-2} \text{mm}$ , la deflexión admisible de  $107.26 \times 10^{-2} \text{mm}$  y el radio de curvatura de 112.49m.

A nivel internacional, (Salinas, 2019) concluyó que el pavimento de la av. Manuelita Sáenz, presenta un comportamiento estructural de buena calidad debido a que obtuvo los valores de deflexión característica de  $53.74 \times 10^{-2} \text{mm}$ , la deflexión admisible de  $173.27 \times 10^{-2} \text{mm}$  y el radio de curvatura de 106.67m.

A nivel nacional, (Ramos, 2021) Determinó la deflexión característica de  $73.06 \times 10^{-2} \text{mm}$ , es menor a la deflexión admisible de  $82.63 \times 10^{-2} \text{mm}$  lo que indica una buena subrasante y el radio de curvatura de 351.17m mayor a 80m por lo que también indica que es un pavimento en buena condición. Concluyendo realizar un mantenimiento rutinario y periódico para garantizar el periodo de diseño del pavimento.

En ese marco, de las conclusiones obtenidas de (Salinas, 2019) y de (Ramos, 2021), y en concordancia con el manual de carreteras del MTC, (MTC, 2016) podemos afirmar que las deflexiones obtenidas en campo mediante la Viga de Benkelman se relacionan directamente con la subrasante, así como el radio de curvatura se relaciona con el estado del pavimento. Por lo tanto, los resultados obtenidos en nuestra investigación tienen relación con respecto a dichos autores en afirmar que el pavimento se encuentra en un buen estado, pero requiere de un mantenimiento rutinario y periódico para garantizar el periodo de diseño.

#### **5.5. Fortalezas y debilidades de la metodología utilizada**

- La fortaleza de la metodología aplicada es que nos permite conocer el estado del pavimento sin realizar trabajos de exploración o rotura de pavimento, de modo que se puede realizar una evaluación sin ocasionar congestiones vehiculares.
- En cuanto a debilidades, el número de muestras analizadas pudo haber sido mayor,

nos apegamos a la norma para delimitar la cantidad de muestras.

#### **5.6. Relevancia de la investigación**

- La investigación tiene una relevancia social principalmente para la Municipalidad de Chorrillos, ya que, mediante este estudio, podrán conocer el estado del pavimento de la av. Alameda del Premio Real.
- Los conocimientos que se han adquirido y se comparten mediante nuestro proyecto de investigación serán de suma importancia para las futuras investigaciones.
- La igualdad al acceso a los servicios de transitabilidad, así como también, a la mejora del entorno, son de relevancia social ya que brindará una mejor calidad de vida a los pobladores de la zona de estudio.

## **VI. CONCLUSIONES**

- De la evaluación superficial del pavimento flexible con el manual del PCI, obtuvimos los valores de las 14 unidades de muestra, realizando la media aritmética de dichos valores hallados resulta un PCI de 43.71 de todo el pavimento, ubicándose en el rango de 40-55 con una clasificación de “REGULAR”, para dicho valor del PCI le corresponde una intervención del tipo mantenimiento periódico de acuerdo al ASTM D6433-07, debido a que predominan las fallas con severidad baja y media.
- Se encontraron un total de 172 fallas en el pavimento, con severidades bajas, medias y altas, siendo la falla “Grietas Longitudinales y Transversales” como la más recurrente en las unidades de muestra evaluadas con 45 hallazgos. Representando un 26% de incidencia con respecto a los 7 tipos de fallas encontrados en el presente estudio, seguido de “Piel de cocodrilo” con 25% y “Grietas de borde” con un 23%.
- Siguiendo los lineamientos del manual de carreteras del MTC, se realizó la evaluación del estudio de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real obteniendo un IMDA con un valor de 382veh/día, clasificándola como una carretera de tercera clase, asimismo, los automóviles representan una incidencia del 46.07% de vehículos que transitan por el pavimento en estudio.
- De los resultados obtenidos mediante el ensayo con la Viga de Benkelman, la deflexión característica es de  $47.7 \times 10^{-2}$  mm, la deflexión admisible de  $107.26 \times 10^{-2}$  mm y el radio de curvatura de 112.49m. De acuerdo al análisis combinado propuesto por el MTC en el manual de carreteras, si la  $DCA < D_{adm}$ , y a su vez el  $RC > 80$ , la subrasante y el pavimento se encuentran en un estado de “Bueno” respectivamente.
- De la evaluación superficial con una condición de pavimento de “Regular” y estructural con un estado de subrasante y pavimento de “Bueno”, se concluye que existen fallas superficiales que deben corregirse antes de que las condiciones del pavimento empeoren y el mantenimiento requiera de una mayor inversión.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar la evaluación superficial con el PCI de más del 75% de las muestras totales, para obtener un mejor alcance del daño que presenta el pavimento.
- Se recomienda tomar todas las consideraciones básicas para la lectura de los diales, como temperatura ambiente y de pavimento, presión de neumáticos y peso adecuado del eje posterior del camión.
- Utilizar adecuadamente las hojas de registro para la recolección de datos de campo y su correcta interpretación del total de fallas del PCI, tabular adecuadamente tipo de falla y severidad, para obtener resultados óptimos del objeto de estudio.
- El conteo de tránsito se realiza durante 24 horas por 7 días, para lo cual deben tener relevos de personal, para evitar tomar valores erróneos.
- Se recomienda realizar estudios complementarios como la evaluación con el ensayo del Deflectómetro de impacto (FWD), evalúa la estructura del pavimento mediante impactos de una masa en el pavimento con un sistema de guía, método no destructivo.
- Finalmente, de acuerdo a los lineamientos del ASTM D6433-07 para el Método del PCI donde predominan las fallas con severidad baja y media en condición “Regular”, y del manual de carreteras del MTC para el ensayo con la Viga de Benkelman se obtuvo el estado de la subrasante y del pavimento de “Bueno”. De los cuales se recomienda realizar un mantenimiento superficial y periódico.

## REFERENCIAS

- Aguilar, Daniel. 2018.** *Evaluación Estructural y Superficial del Sub-Tramo del KM 26+000 al KM 42+000, Carril de Baja Cuerpo A, del Tramo Carretera San Luis Potosí-Matehuala.* San Luis Potosí : s.n., 2018. pág. 80, tesina para obtener el título de especialista en geotecnia.
- ASTM. 2003.** *Practica Esatandar para inspección del índice de la Condición de Pavimentos para caminos y estacionamientos.* 2003.
- Baena, Guillermina. 2017.** *Metodología de la investigacion.* 3ra edicion. s.l. : Editorial Patria, 2017.
- Bernal, César. 2010.** *Metodología de la investigación.* Tercera Edición. Colombia : pearson educacion de Colombia, 2010. pág. 322.
- Cajo, Deysi. 2021.** *Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la carretera comprendida entre los Distritos de Ferreñafe y Mesones Muro, 2020.* LAMBAYEQUE. FERREÑAFE- MESONES MURO : s.n., 2021. pág. 339, TESIS PARA INGENIERO CIVIL AMBIENTAL.
- . **2021.** *EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA COMPRENDIDA ENTRE LOS DISTRITOS DE FERREÑAFE Y MESONES MURO, 2020 .* CHICLAYO - PERU : s.n., 2021.
- Castro, Anderson, Parra, Enrique y Arango, Ingrid. 2020.** *Glosario para metodología de la investigación.* colombia : s.n., 2020.
- CONREVIAl, Consorcio de Rehabilitación vial. 1982.** *Estudio de rehabilitación de carreteras en el país - Capítulo VI.* 1982.
- De la Cruz, Andre y Villanueva, Edson. 2019.** *EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. NICOLAS DE PIÉROLA ENTRE EL OV. MANSICHE Y EL OV. MOCHICA MEDIANTE LA METODOLOGIA PCI EN TRUJILLO.* Trujillo- Perú : s.n., 2019. Tesis para optar título de ingeniero civil.
- Díaz, Diego. 2020.** *Evaluación del estado superficial y capacidad estructural de pavimentos flexibles mediante el índice de condición del pavimento y deflectometría en calles y avenidas del cercado del distrito de Pimentel 2020.* Lambayeque , Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Pimentel : s.n., 2020. pág. 327.
- Díaz, Ricardo y Cardozo, Huanci. 2018.** *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITETURAESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL “DISEÑO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL SM-533 EMP.PE5N (PUENTE TONCHIMA)-EMP-SM-504 (SECTOR SHICA) L=9+530 KM.,* Moyobamba - San Martin : s.n., 2018. pág. 119, tesis para optar al título profesional de ingeniero civil.

- Falcon, Edison y Martínez, Marcos. 2021.** *Evaluación Estructural y Superficial con el Método PCI para Mejoramiento del Pavimento Flexible, Avenida Las Torres - Santa Maria Huachipa 2021.* Huachipa : s.n., 2021. pág. 232, tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.
- Fernandez, victor. 2019.** *EVALUACIÓN DE LAS FALLAS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA FRANCISCO VIDAL, HUACHO.* 2019. pág. 53, Tesis.
- Fernandez, Mayle. 2020.** *Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico.* CAJAMARCA : s.n., 2020.
- Garcés, Diana. 2017.** *EVALUACIÓN VIAL Y PLAN DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA VÍA AZOGUES- COJITAMBO- DELEG- LA RAYA.* Cuenca - Ecuador : s.n., 2017. pág. 239, tesis para optar por el título Master en Ingeniería en vialidad y transportes.
- Garnica, Paul, Gómez, jose y Sesma, Jesús. 2002.** *Mecánica de Materiales para Pavimentos.* 2002. pág. 234.
- Hernández, Joan. 2020.** *Correlación del Estado Superficial y Estructural de las Estructuras de Pavimento.* Bogota D.C. : s.n., 2020. pág. 170, tesis para obtener el título de Magister en Ingeniería- Geotecnia.
- Hernández, Roberto, Fernando, Carlos y Baptista, Maria del Pilar. 2018.** *Metodología de la Investigacion.* 2018.
- , **2018.** *Metodología de la investigación.* Cuarta Edición. Mexico : Interamericana Editores S.A, 2018. pág. 882.
- Jara, Arnaldo. 2020.** *evaluacion del pavimento flexible de la red vial vecinal del distrito de santa rosa utilizando el metodo PCI con el sofward EVALPAV, Lima-2020.* 2020.
- Marroquin, Roberto. 2017.** *Metodologia de la investigacion.* Lima : s.n., 2017.
- Miranda, ricardo Javier. 2010.** *Deterioro en pavimentos flexibles y rigidos.* chile : s.n., 2010. pág. 93, tesis.
- Montejo, Alfonso. 2002.** *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.* 2da edición. Bogota D.C. : s.n., 2002.
- MOPT. 2016.** *Manual de auscultacion visual de pavimentos de Costa Rica.* 2016.
- Moreno, Luis, y otros. 2018.** *mantenimiento y conservacion de carreteras.* s.l. : Área de innovacion y desarroll, S.L., 2018. pág. 143.
- MTC. 2013.** *MANUAL DE CARRETERAS.* 2013. pág. 355.
- , **2016.** *Manual de Carreteras: Ensayo de Materiales.* 2016.
- PAVIMENTOS, DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE. 2016.** *IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN.* REPUBLICA DOMINICANA : s.n., 2016.
- pavimentos, Manual de carreteras sección de suelos y. 2016.** *Manual de carreteras sección de suelos y*

pavimentos. [aut. libro] Rualth Bravo. *Manual de carreteras sección de suelos y pavimentos*. 2016.

**Pérez, José y Ramirez, Jhonel. 2018.** *EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA AV. LOS TRÉBOLES – DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE*. Perú : s.n., 2018. pág. 159, tesis.

**pueblo, Defensoria del. 2019.** *Seguimiento a las condiciones de infraestructura vial par ael transito de peatones y conductores en puntos criticos de los distritos de lima y callao*. Lima- Perú : s.n., 2019. 129.

**Rama, Francisco. 2015.** *Manual de conservación de los pavimentos en la red viaria urbana*. España : Bellisco, 2015. 460.

**Ramos, Claverth y Ramos, Ronald. 2018.** *Evaluación superficial del pavimento flexible por el metodo Pavement Condition Index (PCI) en la vía: Palca-Laimina-Huancavelica*. 2018.

**Ramos, Renzo. 2021.** *Evaluación Estructural y Superficial del Pavimento de la Av. Lambrani con Fines de Diagnostico y Rehabilitación*. Arequipa. Arequipa : s.n., 2021. Tesis para obtener titulo de Ingeniero Civil.

**Rivas, Aida y Vargas, Christian. 2017.** *Aplicacion de la metodologia PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitacion del pavimento de la av. domingo orue surquillo-lima*. 2017.

**Salinas, Edisson. 2019.** *EVALUACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA MANUELITA SAENZ DESDE LA INTERSECCIÓN CON LA AV. QUIZ QUIZ HASTA LA INTERSECCIÓN CON LA AV. JOSÉ PERALTA*. AMBATO, ECUADOR : s.n., 2019.

**Solminihac, Hernán y Thenoux, Guillermo. 2018.** *procesos y tecnicas de construccion*. 2018.

**Vásquez, Luis. 2002.** *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. colombia : s.n., 2002. pág. 90.

## **ANEXOS**

**EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE  
EL METODO DEL PCI**

## 1) POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

### Población

De acuerdo a (Hernández, y otros, 2018), la muestra es un subgrupo del universo que pertenece a la investigación, siendo esta una parte representativa de dicha población (p. 196).

- Población : 1660.00m
- Ancho de vía : 7.00m
- Longitud/Und. de muestreo : 31.50m
- Cantidad/Und. de muestreo :  $\frac{1660}{31.50} = 53$  (redondeando al entero superior)
- Cantidad mínima de unidades de muestreo

$$n = \frac{53 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} (53 - 1) + 10^2} = 13 \text{ aprox.}$$

- Intervalo de muestreo :  $i = \frac{n}{m} = \frac{53}{13} = 4$

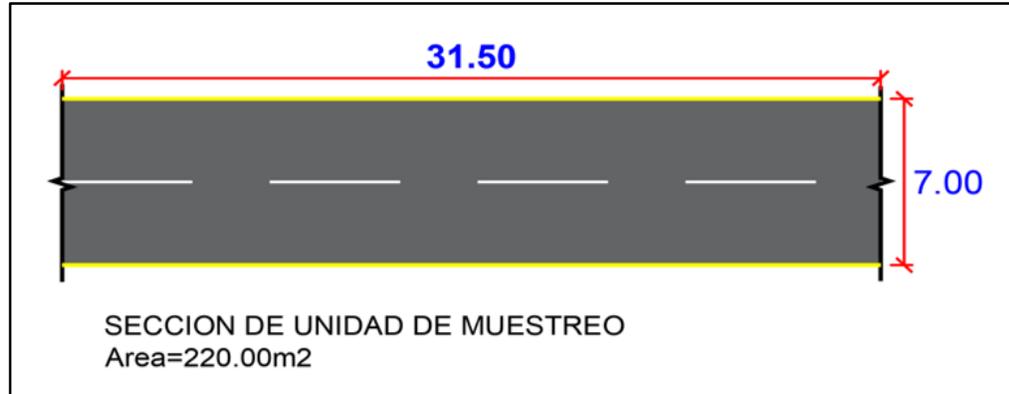


Figura 18 Sección de vía a utilizar para cada unidad de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Unidades de muestra	Inicio de Progresiva	Fin de Progresiva
UM-01	0+000.00	0+031.50
UM-02	0+031.50	0+063.00
UM-03	0+063.00	0+094.50
UM-04	0+094.50	0+126.00
UM-05	0+126.00	0+157.50
UM-06	0+157.50	0+189.00
UM-07	0+189.00	0+220.50
UM-08	0+220.50	0+252.00
UM-09	0+252.00	0+283.50
UM-10	0+283.50	0+315.00
UM-11	0+315.00	0+346.50
UM-12	0+346.50	0+378.00
UM-13	0+378.00	0+409.50
UM-14	0+409.50	0+441.00
UM-15	0+441.00	0+472.50
UM-16	0+472.50	0+504.00
UM-17	0+504.00	0+535.50
UM-18	0+535.50	0+567.00
UM-19	0+567.00	0+598.50
UM-20	0+598.50	0+630.00
UM-21	0+630.00	0+661.50
UM-22	0+661.50	0+693.00
UM-23	0+693.00	0+724.50
UM-24	0+724.50	0+756.00
UM-25	0+756.00	0+787.50

UM-26	0+787.50	0+819.00
UM-27	0+819.00	0+850.50
UM-28	0+850.50	0+882.00
UM-29	0+882.00	0+913.50
UM-30	0+913.50	0+945.00
UM-31	0+945.00	0+976.50
UM-32	0+976.50	1+008.00
UM-33	1+008.00	1+039.50
UM-34	1+039.50	1+071.00
UM-35	1+071.00	1+102.50
UM-36	1+102.50	1+134.00
UM-37	1+134.00	1+165.50
UM-38	1+165.50	1+197.00
UM-39	1+197.00	1+228.50
UM-40	1+228.50	1+260.00
UM-41	1+260.00	1+291.50
UM-42	1+291.50	1+323.00
UM-43	1+323.00	1+354.50
UM-44	1+354.50	1+386.00
UM-45	1+386.00	1+417.50
UM-46	1+417.50	1+449.00
UM-47	1+449.00	1+480.50
UM-48	1+480.50	1+512.00
UM-49	1+512.00	1+543.50
UM-50	1+543.50	1+575.00
UM-51	1+575.00	1+606.50
UM-52	1+606.50	1+638.00
UM-53	1+638.00	1+660.00

*Tabla 22 Unidades de muestra para el proyecto*  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra el total de las unidades de muestras correspondientes al lugar de estudio. De acuerdo a la longitud y ancho de la vía.

## Muestreo

Según (Hernández, y otros, 2018), hace mención sobre la muestra dirigida o no probabilística, la cual se basa en seleccionar unidades o casos ya sea por varios o un solo propósito. También, la muestra es del tipo **muestra no probabilística**, el cual es un muestreo que divide la población en segmentos y de cada segmento selecciona una muestra, (p. 181).

De la evaluación realizada se determinó que el número de unidades de muestreo a evaluar será igual a 13, asimismo, el intervalo de muestreo será de 4, por lo tanto, nuestras muestras serán U1, U5, U9, U13, U17, U21, U25, U29, U33, U37, U41, U45, U49, U53, en total realizaremos la evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el catálogo de fallas del método del PCI en un total de 14 muestras en la tabla 17.

Unidades de muestra	Inicio de Progresiva	Fin de Progresiva
UM-01	0+000.00	0+031.50
UM-05	0+126.00	0+157.50
UM-09	0+252.00	0+283.50
UM-13	0+378.00	0+409.50
UM-17	0+504.00	0+535.50
UM-21	0+630.00	0+661.50
UM-25	0+756.00	0+787.50
UM-29	0+882.00	0+913.50
UM-33	1+008.00	1+039.50
UM-37	1+134.00	1+165.50
UM-41	1+260.00	1+291.50
UM-45	1+386.00	1+417.50
UM-49	1+512.00	1+543.50
UM-53	1+638.00	1+660.00

*Tabla 23 Unidades de muestreo para evaluación.*

Fuente: Elaboración propia

## 2) Evaluación superficial

La evaluación superficial se realizó mediante el método del PCI, para lo cual partimos de la determinación de la cantidad de unidades de muestra, siendo la población de 1660.00metros con un ancho de 7.00m, se obtuvo un total de 53 unidades de muestra, de los cuales evaluaremos 14 unidades de muestreo partiendo de la UM-01, con un intervalo de 4 unidades de muestra (UM-01, UM-05, UM-09, UM-13, UM-17, UM-21, UM-25, UM-29, UM-33, UM-37, UM-41, UM-45, UM-49, UM-53), cada unidad de muestra representa a una sección de vía de 31.50m de largo y 7.00m de ancho, representando 220.00 m<sup>2</sup> por unidad de muestreo evaluada.

para lo cual se cuantifico las fallas encontradas en la carpeta asfáltica de la Av. Alameda del Premio Real, a partir de la norma ASTM D-6433 y se registró en el formato de recolección de datos para ser evaluado posteriormente en gabinete. De los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

TIPO DE FALLA	CANTIDAD DE FALLAS
Grietas longitudinales y transversales	45
Piel de cocodrilo	43
Grietas de borde	40
Abultamientos y hundimientos	18
Agrietamiento en bloque	13
Huecos	12
Corrugación	1

*Tabla 24 Cantidad de fallas encontradas en las 14 unidades de muestreo.*

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar la cantidad total de fallas obtenidas en las 14 unidades de muestreo de nuestro proyecto, encontrando las fallas de: Grietas longitudinales y transversales, Piel de cocodrilo, Grietas de borde, Abultamiento y hundimiento, Agrietamiento en bloque, Huecos y Corrugación, en mayor cantidad despectivamente.

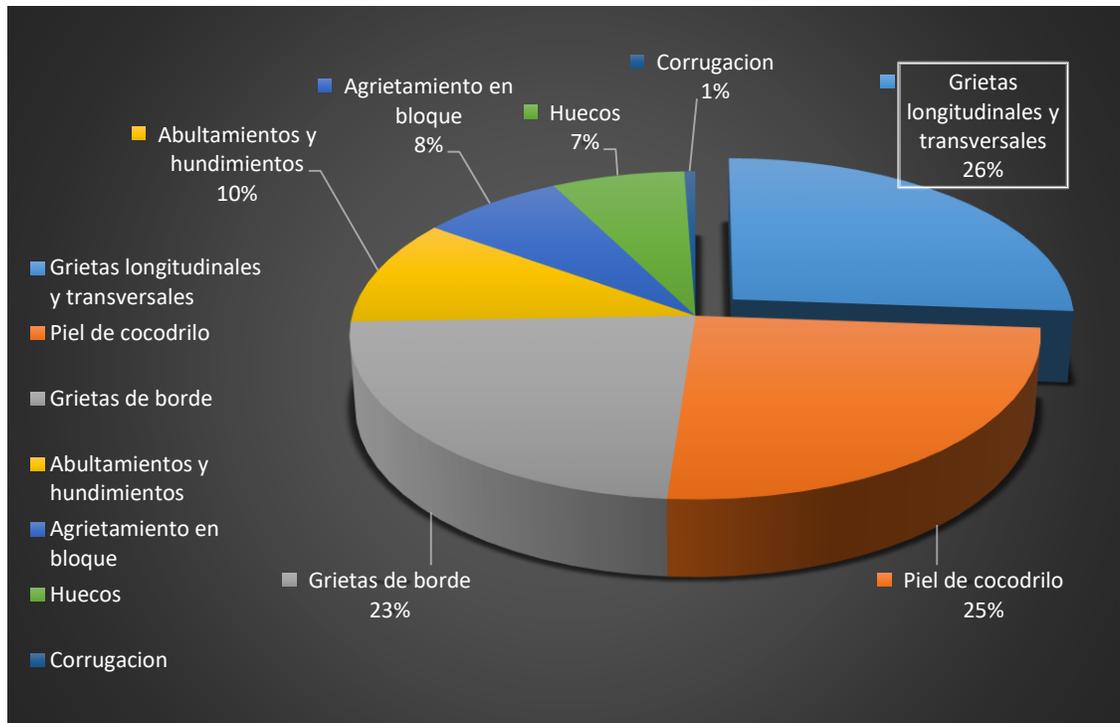


Figura 19 Porcentaje de incidencia de las fallas en las 14 unidades de muestreo

Fuente: Elaboración propia

En la figura, se muestra el porcentaje de incidencia de las fallas obtenidas en las 14 unidades de muestreo de nuestro proyecto, para lo cual, la falla de grietas longitudinales y transversales es la más recurrente con un 26% de incidencia, mientras que, la falla de corrugación es la menos recurrente con un 1% de incidencia.

TIPO DE FALLA	METRADO	UNIDAD DE MEDIDA
Grietas de borde	173.55	ml
Grietas longitudinales y transversales	161.95	ml
Piel de cocodrilo	127.03	m2
Agrietamiento en bloque	37.70	m2
Abultamientos y hundimientos	31.56	m2
Huecos	18.00	Und
Corrugación	1.12	m2

Tabla 25 Metrado de fallas de las unidades de muestreo

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos muestra la suma total de todas las fallas obtenidas de las

unidades de muestreo, identificándolas mediante su forma de medición (m2, ml, Und). Siendo la falla de grietas de borde la de mayor metrado, con un total de 173.55ml de, mientras que, la falla de corrugación es la que tiene menor metrado con 1.12m2.

Tipo de falla	Low	Medium	High	Total
Grietas longitudinales y transversales	18	21	6	45
Piel de cocodrilo	20	17	10	43
Grietas de borde	10	23	7	40
Abultamientos y hundimientos	2	9	7	18
Agrietamiento en bloque	3	8	2	13
Huecos	1	7	4	12
Corrugación	1	-	-	1

*Tabla 26 Cantidad de fallas de acuerdo a la severidad encontrada (L, M, H)*

Fuente: Elaboración propia

En la tabla clasificamos los tipos de fallas encontrados de acuerdo a su severidad como Low, Medium, High, donde la máxima cantidad de fallas con severidad; Low (Piel de cocodrilo), Medium (Grietas de borde), High (Piel de cocodrilo).

Unidades de muestra	Inicio de Progresiva	Fin de Progresiva	PCI / Muestreo	Condición / Muestreo	PCI / Total	Condición / Total
UM-01	0+000.00	0+031.50	48	REGULAR	43.71	REGULAR
UM-05	0+126.00	0+157.50	66	BUENO		
UM-09	0+252.00	0+283.50	45	REGULAR		
UM-13	0+378.00	0+409.50	38	MALO		
UM-17	0+504.00	0+535.50	56	BUENO		

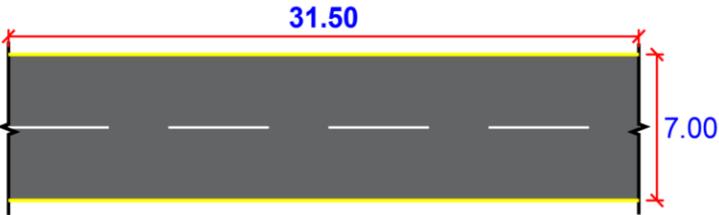
UM-21	0+630.00	0+661.50	21	MUY MALO
UM-25	0+756.00	0+787.50	72	MUY BUENO
UM-29	0+882.00	0+913.50	76	MUY BUENO
UM-33	1+008.00	1+039.50	50	REGULAR
UM-37	1+134.00	1+165.50	28	MALO
UM-41	1+260.00	1+291.50	10	FALLADO
UM-45	1+386.00	1+417.50	40	MALO
UM-49	1+512.00	1+543.50	44	REGULAR
UM-53	1+638.00	1+660.00	18	MUY MALO

*Tabla 27 PCI obtenido de las unidades de muestreo evaluadas.*

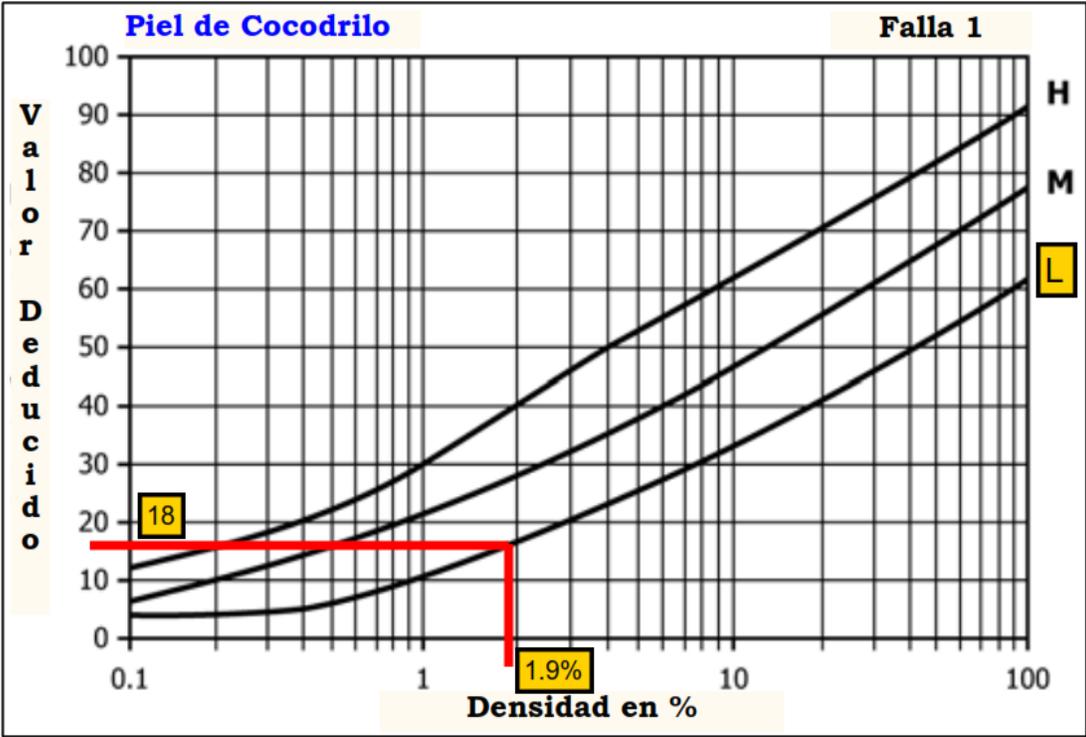
Fuente: Elaboración propia

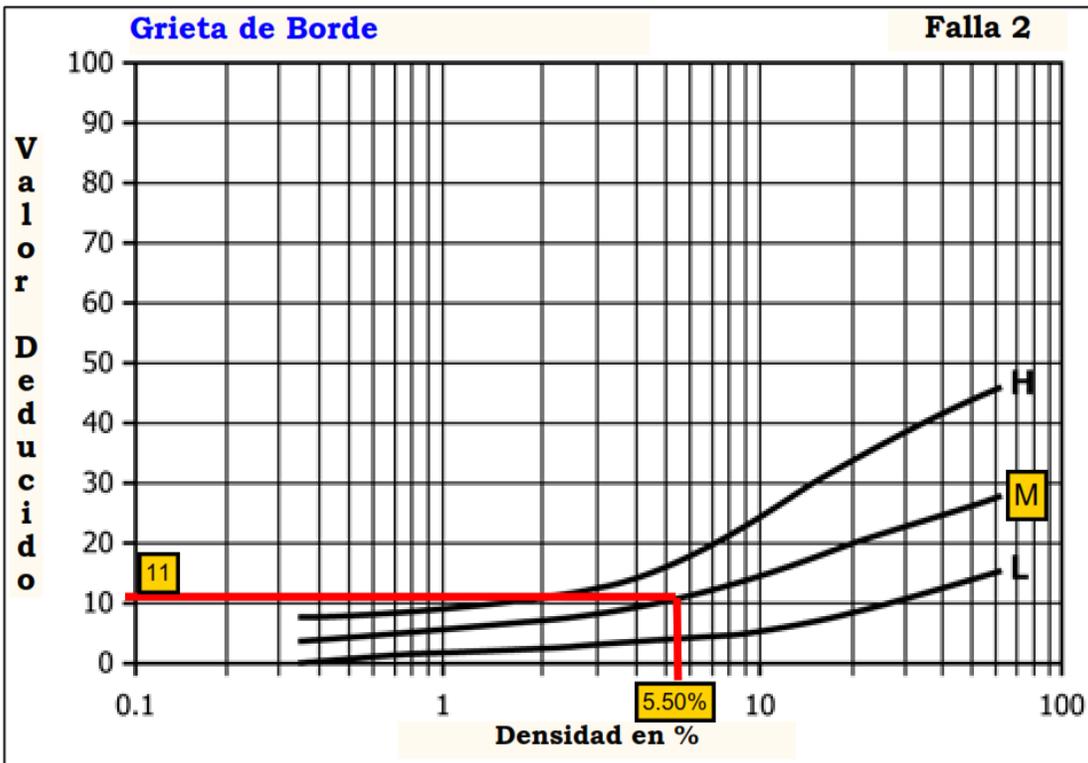
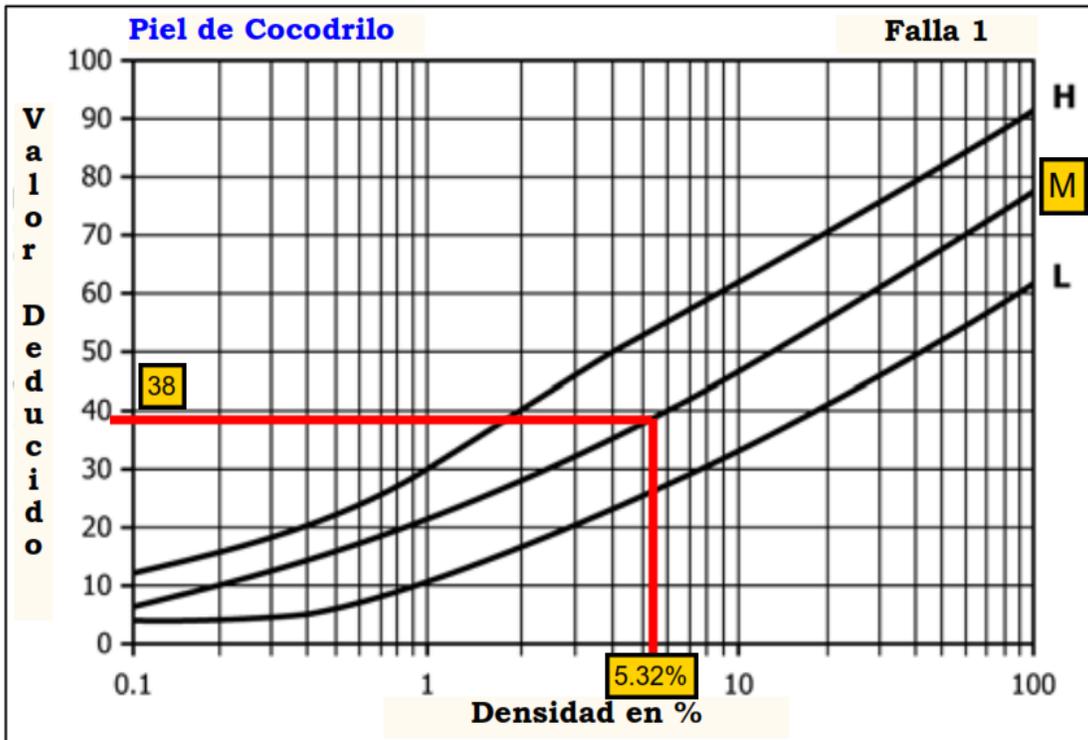
En la tabla aplicamos el método del PCI a todas las 14 unidades de muestreo, utilizando el formato de recolección de datos donde identificamos cada falla por su severidad y unidad de medida, para luego hallar la densidad que representa cada falla/nivel de severidad, hallamos los Valores deducidos (VD) utilizando las curvas de deducción/falla, determinamos el número máximo de valores deducidos (m), seguido de ello obtenemos los valores deducidos totales (VDT) y el número de valores deducidos (q), finalmente obtenemos los valores deducidos corregidos (VDC) utilizando la curva de corrección para pavimentos asfálticos, identificamos el máximo valor deducido corregido (VCDmax) y lo restamos de 100, de esta forma hallamos el valor del PCI de la unidad de muestra, clasificando el valor obtenido de acuerdo a la figura 5. Realizamos el mismo procedimiento para todas las unidades de muestreo. Por último, realizamos la media aritmética de los valores de PCI obtenidos/unidad de muestreo, lo cual nos da un valor de PCI para todo el pavimento de 43.71, clasificándose como REGULAR.

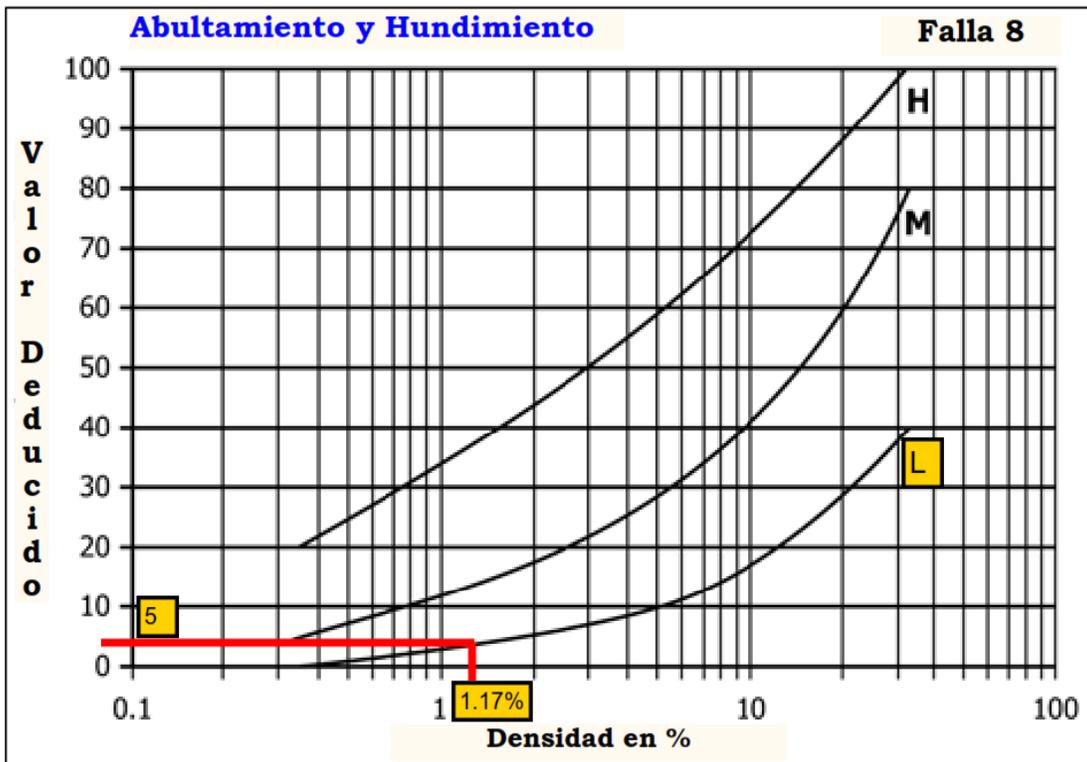
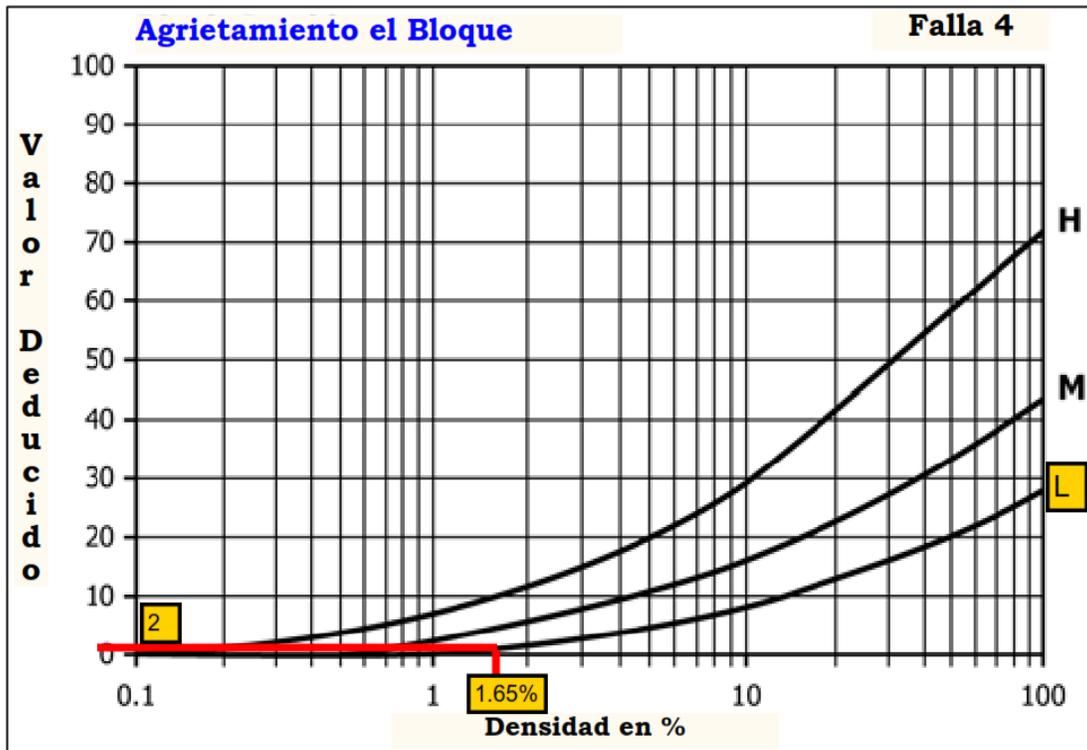
## Resultados de UM-01

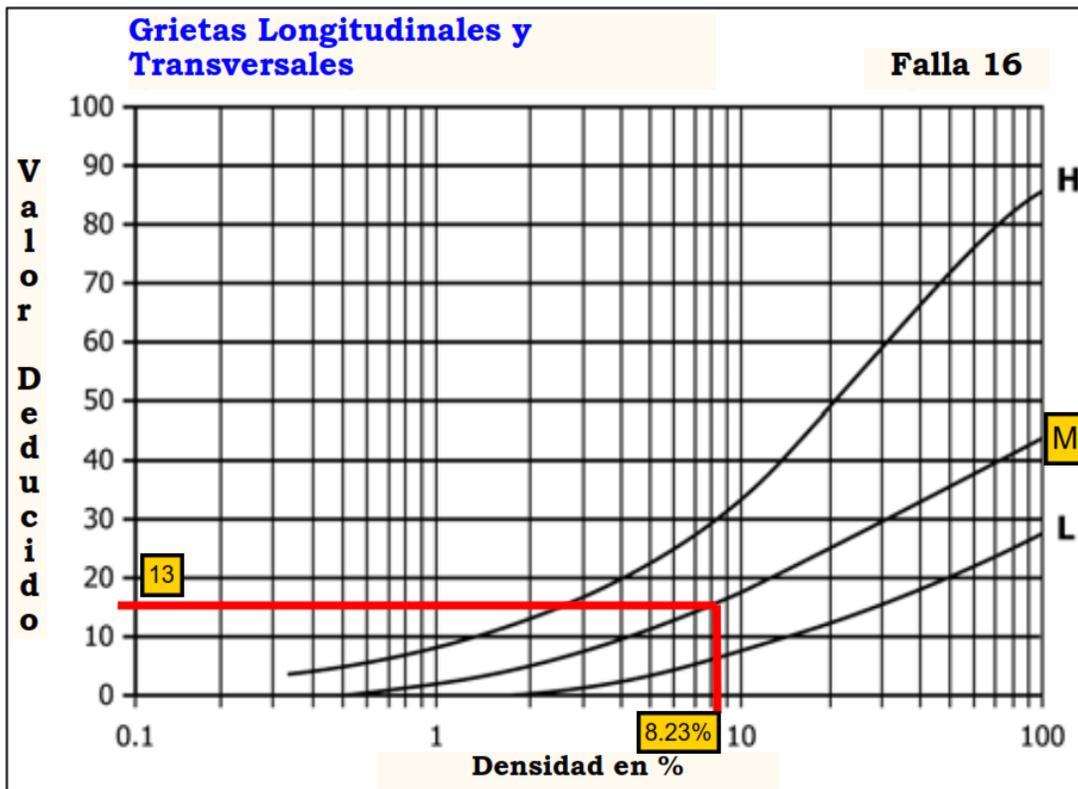
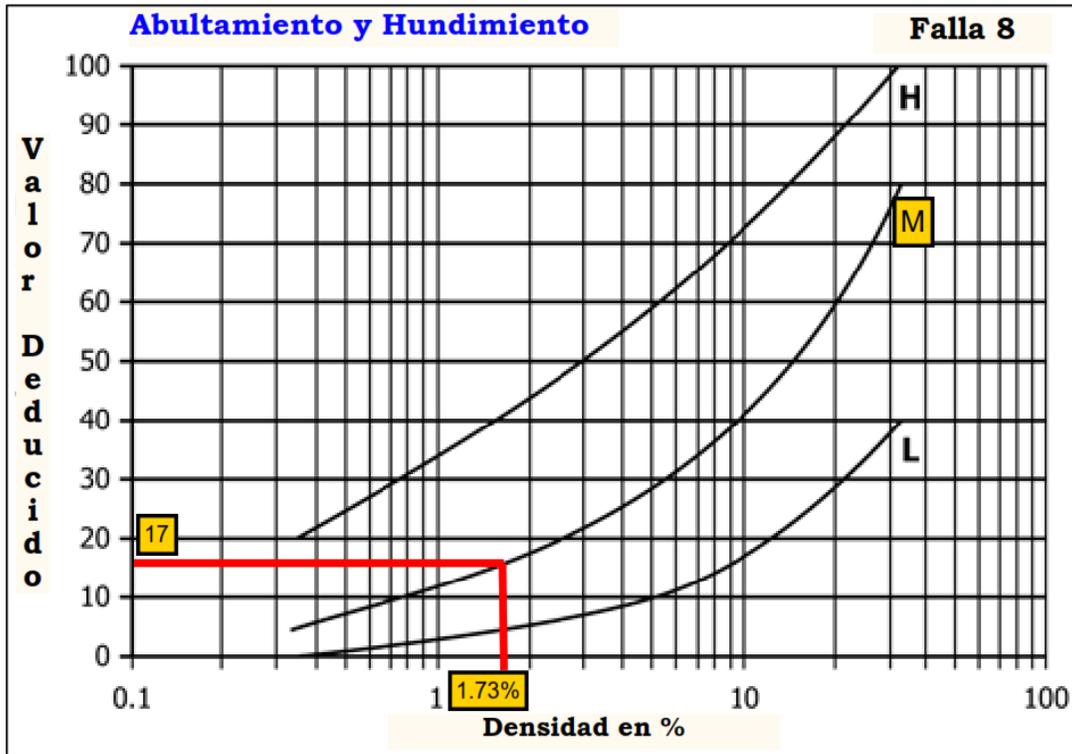
		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>											
<p>PROYECTO: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022</p> <p>LUGAR: Lima, Lima, Chorrillos</p> <p>LONGITUD: 1660.00m</p> <p>PROGRESIVA: 0+000.00 - 0+031.50</p> <p>REALIZADO POR: Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar</p> <p>FECHA: 09 de mayo del 2022</p>												<h1>UM-01</h1>	
 <p style="text-align: center;">SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>													
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios			6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea			11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulimeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depresion			16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma				
FALLA	SEVERIDAD	METRADO								TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)	
1	L	3.6	0.8							4.4	1.90%	18	
1	M	2.3	5.2	4.8						12.3	5.32%	38	
2	M	5.2	7.5							12.7	5.50%	11	
4	L	3.8								3.8	1.65%	2	
8	L	2.7								2.7	1.17%	5	
8	M	1.8	2.2							4	1.73%	17	
16	M	6.3	4.6	8.1						19	8.23%	13	
											VD Total =	104	

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla









## Valores deducidos corregidos (VDC)

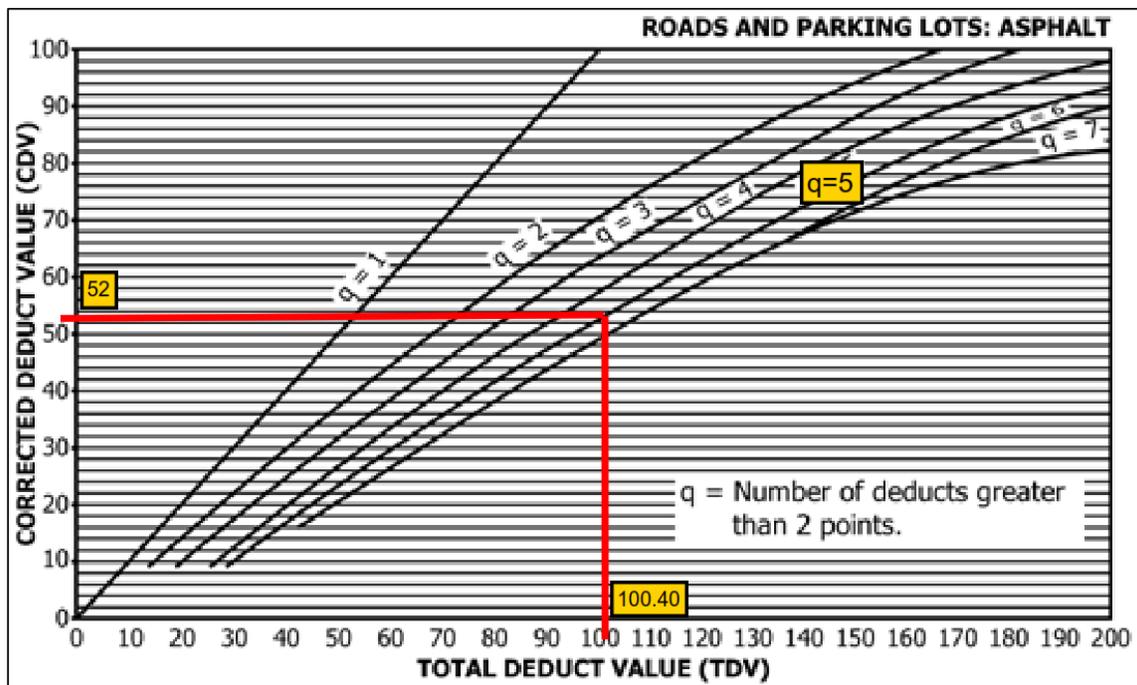
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - VDM) \quad m = 6.7$$

m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal

VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.

ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)
1	38	18	17	13	11	5	1.4		103.4	6	50
2	38	18	17	13	11	2	1.4		100.4	5	52
3	38	18	17	13	2	2	1.4		91.4	4	52
4	38	18	17	2	2	2	1.4		80.4	3	51.5
5	38	18	2	2	2	2	1.4		65.4	2	48
6	38	2	2	2	2	2	1.4		49.4	1	48
Nota:									Máximo Valor Deducido Corregido (VDC <sub>máx</sub> ) =		52
Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)									Indice de condicion de pavimento (PCI) =		48
									Rango de clasificacion=		REGULAR
									PCI = 100 - VDC <sub>máx</sub>		

## Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



## Resultados de UM-05

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	L		1.6	2.8	3.2	0.8				8.4	3.64%	23
2	M		2.1	4.7	1.6					8.4	3.64%	9
2	H		12.3							12.3	5.32%	17
16	M		3.2	6.1						9.3	4.03%	10
16	H		4.4	8.3	0.8					5.2	2.25%	7
											<b>VD Total =</b>	<b>66</b>
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <p>m= 8.1</p> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal                      VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	23	17	10	9	7				66	5	32	
2	23	17	10	9	2				61	4	33.5	
3	23	17	10	2	2				54	3	33.5	
4	23	17	2	2	2				46	2	34	
5	23	2	2	2	2				31	1	31	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)											<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b>	<b>34</b>
											<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b>	<b>66</b>
											<b>Rango de clasificacion=</b>	<b>BUENO</b>



### FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI

PROYECTO: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022

LUGAR: Lima, Lima, Chorrillos

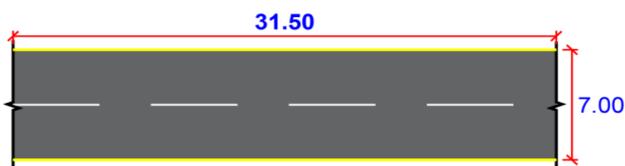
LONGITUD: 1660.00m

PROGRESIVA: 0+126.00 - 0+157.50

REALIZADO POR: Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar

FECHA: 09 de mayo del 2022

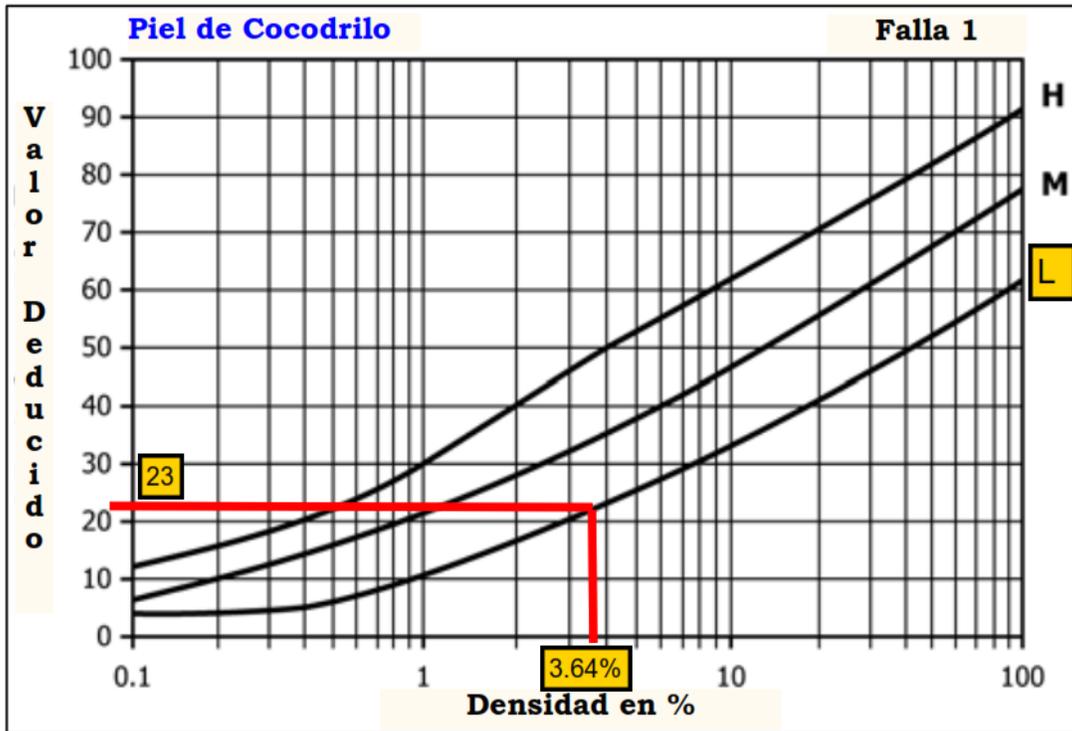
# UM-05



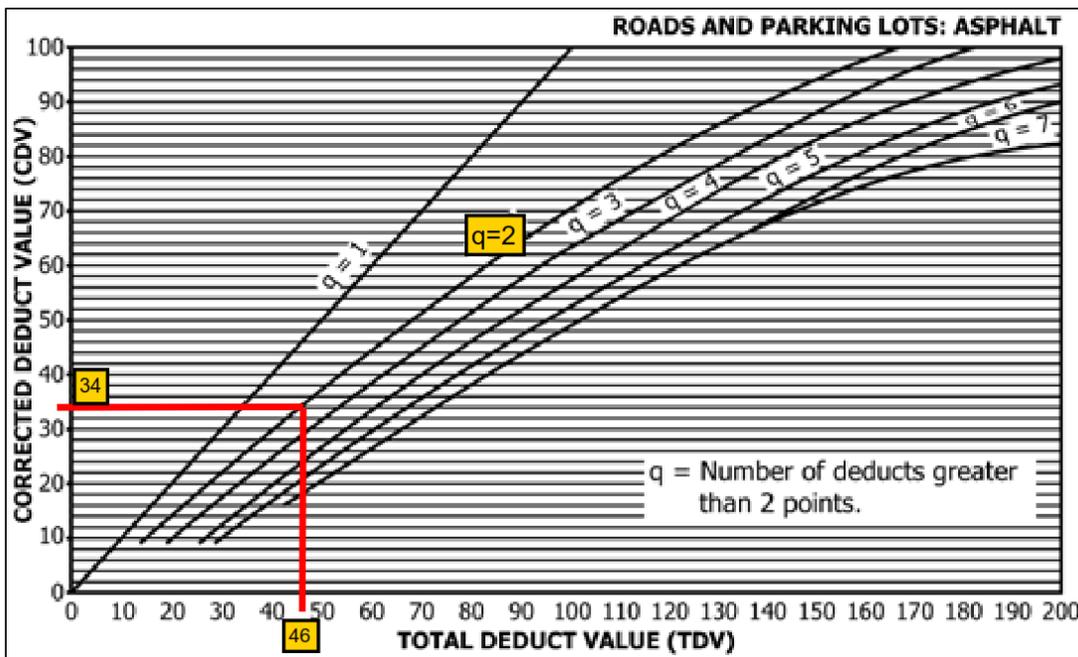
SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO  
Area=220.00m<sup>2</sup>

- |                                    |                                 |                                   |  |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1) Piel de cocodrilo               | 6) Exudacion                    | 11) Ahuellamiento                 | 16) Grietas longitudinales y transversales       |
| 2) Grietas de borde                | 7) Huecos                       | 12) Grietas de reflexion de junta | 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados |
| 3) Corrugacion                     | 8) Abultamientos y hundimientos | 13) Pulimeros de agregados        | 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento      |
| 4) Agrietamiento en bloque         | 9) Hinchamiento                 | 14) Desplazamiento                | 19) Desnivel carril / berma                      |
| 5) Parche / Acomedita de servicios | 10) Cruce de via ferrea         | 15) Depresion                     |  |

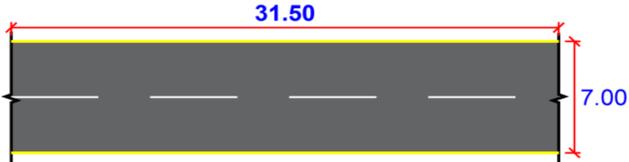
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



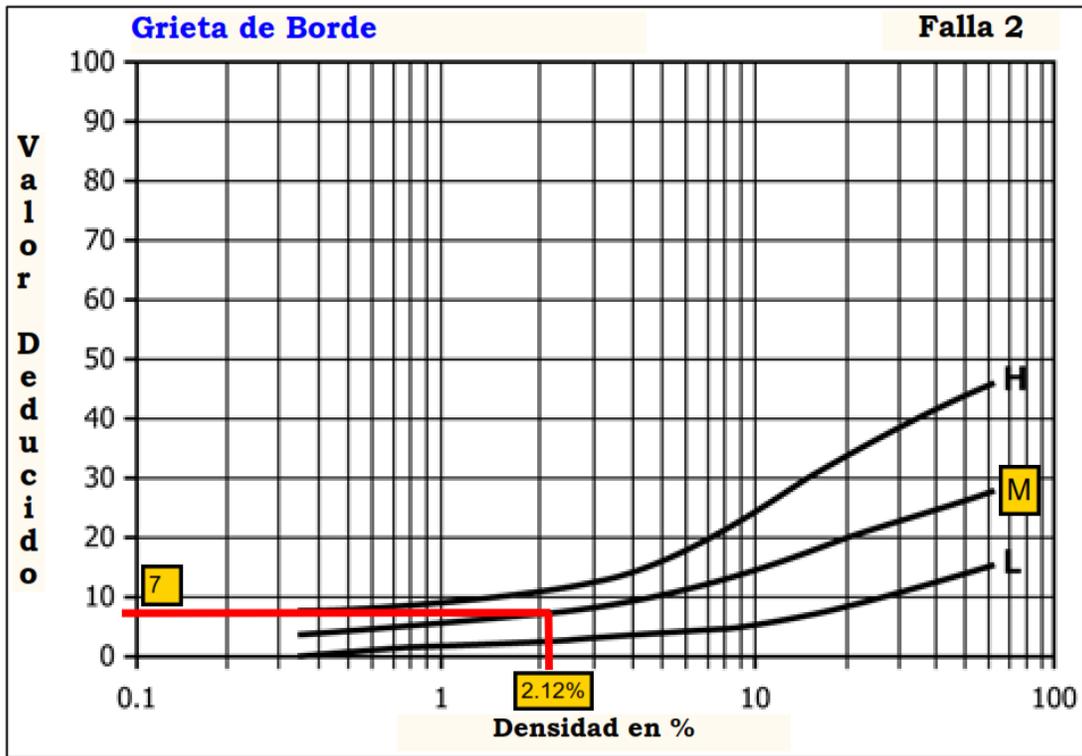
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



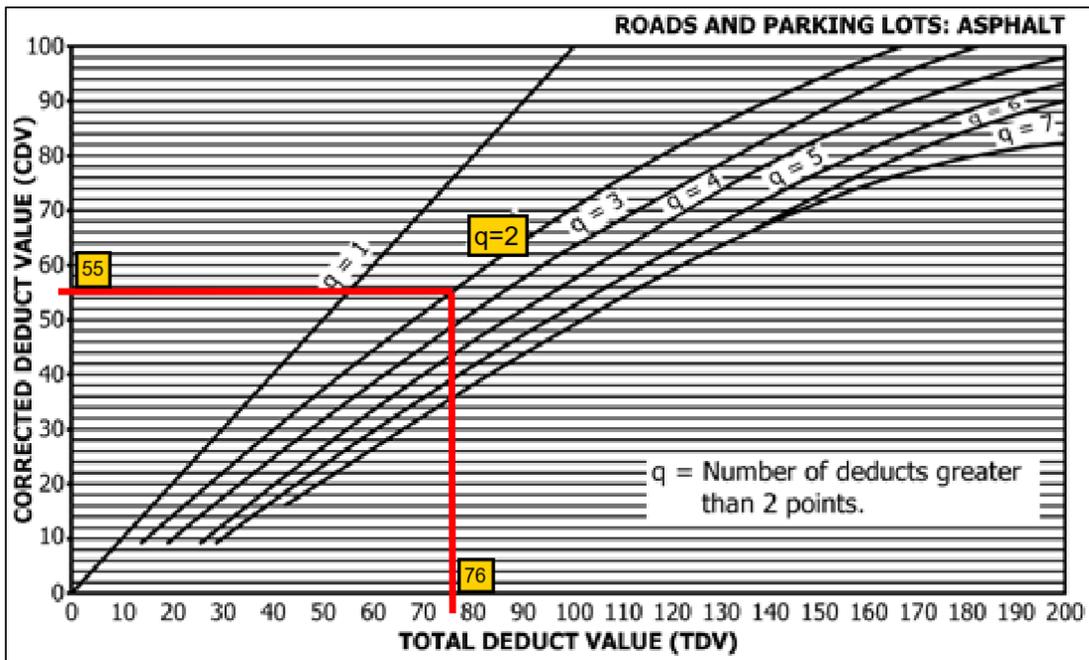
## Resultados de UM-09

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>										
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 0+252.00 - 0+283.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022											<h1>UM-09</h1>	
<div style="text-align: center;">  <p><b>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO</b> Area=220.00m<sup>2</sup></p> </div>												
1) Piel de cocodrilo                      6) Exudacion                                      11) Ahuellamiento 2) Grietas de borde                      7) Huecos                                        12) Grietas de reflexion de junta 3) Corrugacion                            8) Abultamientos y hundimientos        13) Pulimeros de agregados 4) Agrietamiento en bloque            9) Hinchamiento                            14) Desplazamiento 5) Parche / Acomedita de servicios    10) Cruce de via ferrea                    15) Depresion 16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma												
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)	
2	L	1.5	5.7					7.2	3.12%	5		
2	M	3.3	1.6					4.9	2.12%	7		
7	M	2						2	0.87%	28		
7	H	1						1	0.43%	42		
16	M	3.8	7.2					11	4.76%	11		
									<b>VD Total =</b>	93		
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">m=</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">6.3</span> </div> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)		
1	42	28	11	7	5			93	5	48		
2	42	28	11	7	2			90	4	51		
3	42	28	11	2	2			85	3	54		
4	42	28	2	2	2			76	2	55		
5	42	2	2	2	2			50	1	50		
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)									<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b> 55			
									<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b> 45			
									<b>Rango de clasificacion=</b> <span style="background-color: yellow; padding: 2px;">REGULAR</span>			

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



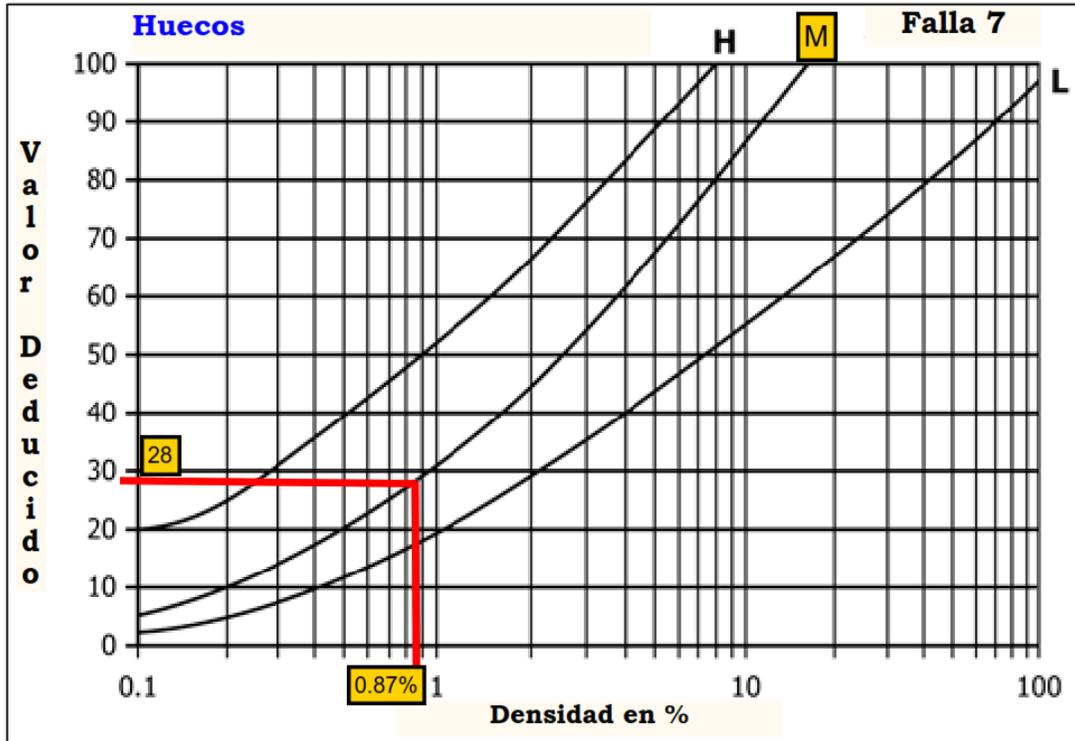
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



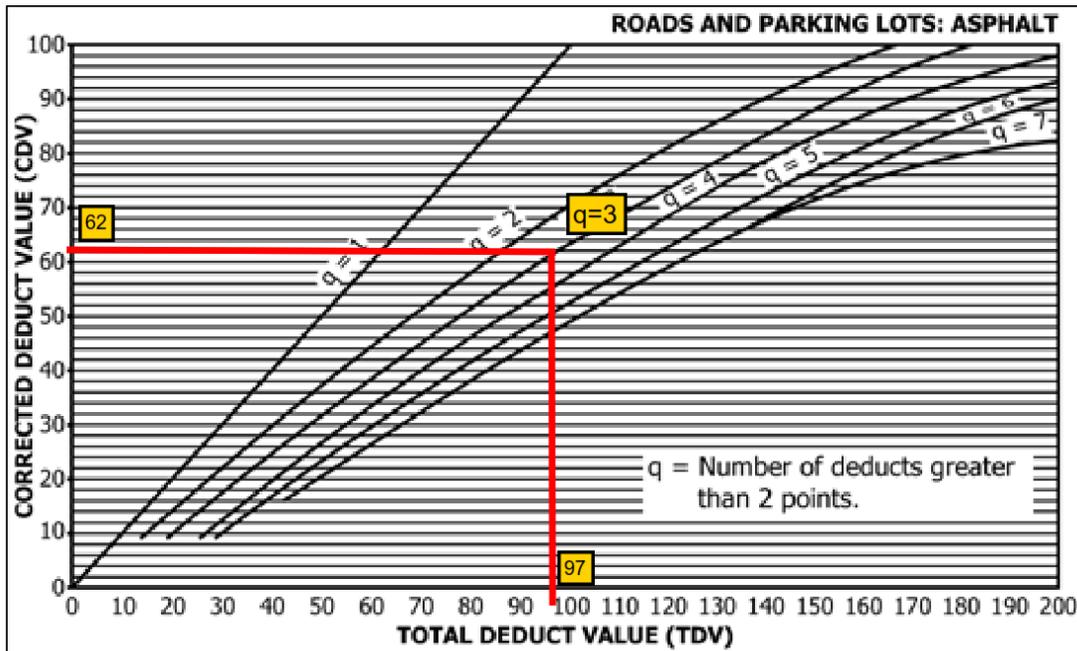
# Resultados de UM-13

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	L	0.9	0.7	1.8	6.4					9.8	4.24%	28
2	M	2.9								2.9	1.26%	6
7	M	2								2	0.87%	28
8	M	1.8								1.8	0.78%	10.5
8	H	2.24								2.24	0.97%	35
16	L	1.6	0.8	3.7						6.1	2.64%	3
											<b>VD Total =</b>	<b>110.5</b>
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <p>m= 7</p> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	35	28	28	10.5	6	3			110.5	6	54	
2	35	28	28	10.5	6	2			109.5	5	53	
3	35	28	28	10.5	2	2			105.5	4	55	
4	35	28	28	2	2	2			97	3	62	
5	35	28	2	2	2	2			71	2	52	
6	35	2	2	2	2	2			45	1	45	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)											<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b>	<b>62</b>
											<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b>	<b>38</b>
											<b>Rango de clasificacion=</b>	<b>MALO</b>

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



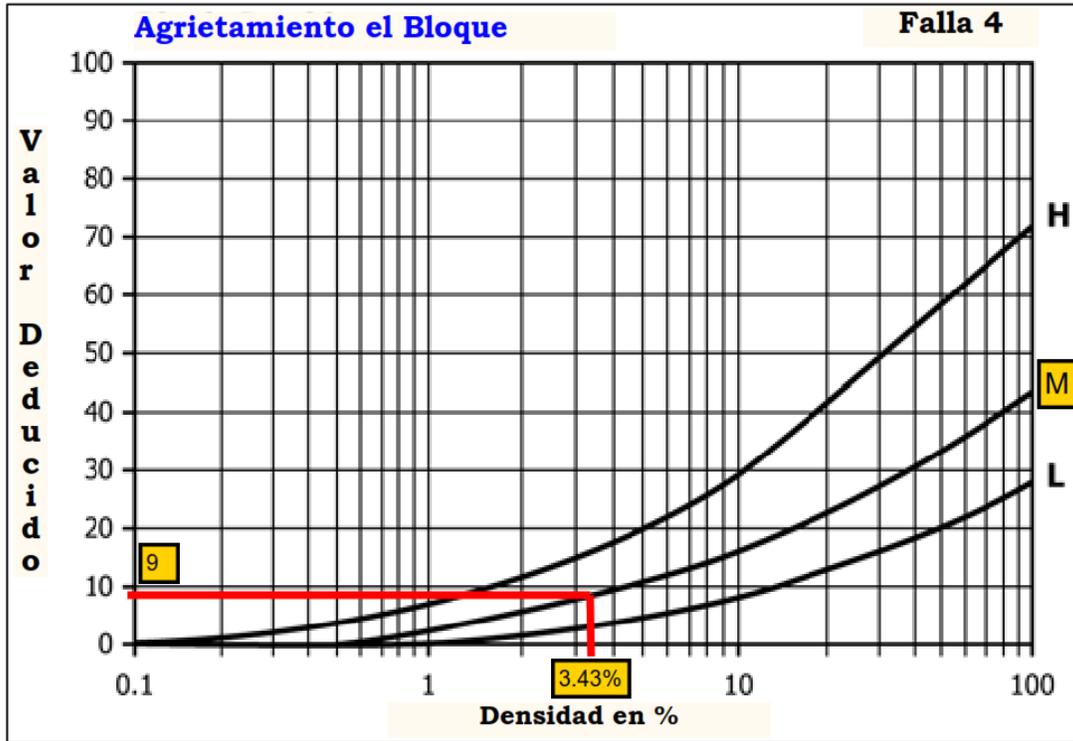
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



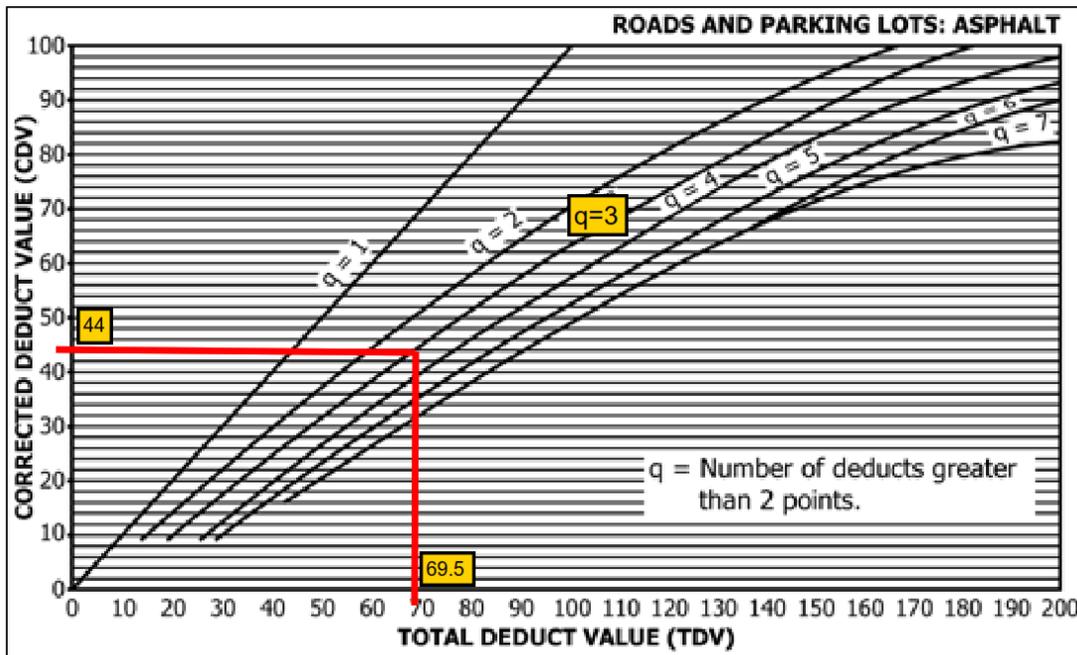
# Resultados de UM-17

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	L	0.4	1.12	2.4						3.92	1.70%	17
1	M	1.7	0.8							2.5	1.08%	22
2	L	1.1								1.1	0.48%	1.5
2	M	2.1								2.1	0.91%	6
4	M	7.92								7.92	3.43%	9
8	H	0.9								0.9	0.39%	23
16	L	3.25	1.4	3.6	0.8					9.05	3.92%	5
											<b>VD Total =</b>	83.5
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 8.1$ <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal                      VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	23	22	17	9	6	5	1.5		83.5	6	40	
2	23	22	17	9	6	2	1.5		80.5	5	41.5	
	23	22	17	9	2	2	1.5		76.5	4	43.5	
	23	22	17	2	2	2	1.5		69.5	3	44	
	23	22	2	2	2	2	1.5		54.5	2	40.5	
	23	2	2	2	2	2	1.5		34.5	1	34	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High) <span style="float: right;"><math>PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}</math></span>											<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b>	44
											<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b>	56
											<b>Rango de clasificacion=</b>	<b>BUENO</b>

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



# Resultados de UM-21

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	M	1.84	0.84	0.6	3.4					6.68	2.89%	32
1	H	7.26								7.26	3.14%	48
4	M	1.92	0.8							2.72	1.18%	4
7	L	2								2	0.87%	18
8	M	1.62	0.8							2.42	1.05%	13
8	H	1.56	1.2							2.76	1.19%	36
16	L	7.9	2.4	0.5						10.8	4.68%	6
<b>VD Total =</b>											<b>157</b>	
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 5.8$ <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal  VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (n)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	48	36	32	18	13	4.8			151.8	6	74	
2	48	36	32	18	13	4.8			151.8	5	78	
3	48	36	32	18	2	4.8			140.8	4	79	
4	48	36	32	2	2	4.8			124.8	3	77	
5	48	36	2	2	2	4.8			94.8	2	67.5	
6	48	2	2	2	2	4.8			60.8	1	60.5	
<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b>											<b>79</b>	
<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b>											<b>21</b>	
<b>Rango de clasificacion=</b>											<b>MUY MALO</b>	



## FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI

**PROYECTO:** Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022

**LUGAR:** Lima, Lima, Chorrillos

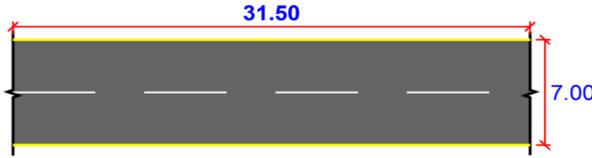
**LONGITUD:** 1660.00m

**PROGRESIVA:** 0+630.00 - 0+661.50

**REALIZADO POR:** Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar

**FECHA:** 09 de mayo del 2022

UM-21



**SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO**  
Area=220.00m2

- |                                    |                                 |                                   |  |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1) Piel de cocodrilo               | 6) Exudacion                    | 11) Ahuellamiento                 | 16) Grietas longitudinales y transversales       |
| 2) Grietas de borde                | 7) Huecos                       | 12) Grietas de reflexion de junta | 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados |
| 3) Corrugacion                     | 8) Abultamientos y hundimientos | 13) Pulimeros de agregados        | 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento      |
| 4) Agrietamiento en bloque         | 9) Hinchamiento                 | 14) Desplazamiento                | 19) Desnivel carril / berma                      |
| 5) Parche / Acomedita de servicios | 10) Cruce de via ferrea         | 15) Depresion                     |  |

FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)	
1	M	1.84	0.84	0.6	3.4					6.68	2.89%	32
1	H	7.26								7.26	3.14%	48
4	M	1.92	0.8							2.72	1.18%	4
7	L	2								2	0.87%	18
8	M	1.62	0.8							2.42	1.05%	13
8	H	1.56	1.2							2.76	1.19%	36
16	L	7.9	2.4	0.5						10.8	4.68%	6

**VD Total = 157**

$$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 5.8$$

m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal  
VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.

ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (n)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)
1	48	36	32	18	13	4.8			151.8	6	74
2	48	36	32	18	13	4.8			151.8	5	78
3	48	36	32	18	2	4.8			140.8	4	79
4	48	36	32	2	2	4.8			124.8	3	77
5	48	36	2	2	2	4.8			94.8	2	67.5
6	48	2	2	2	2	4.8			60.8	1	60.5

Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)

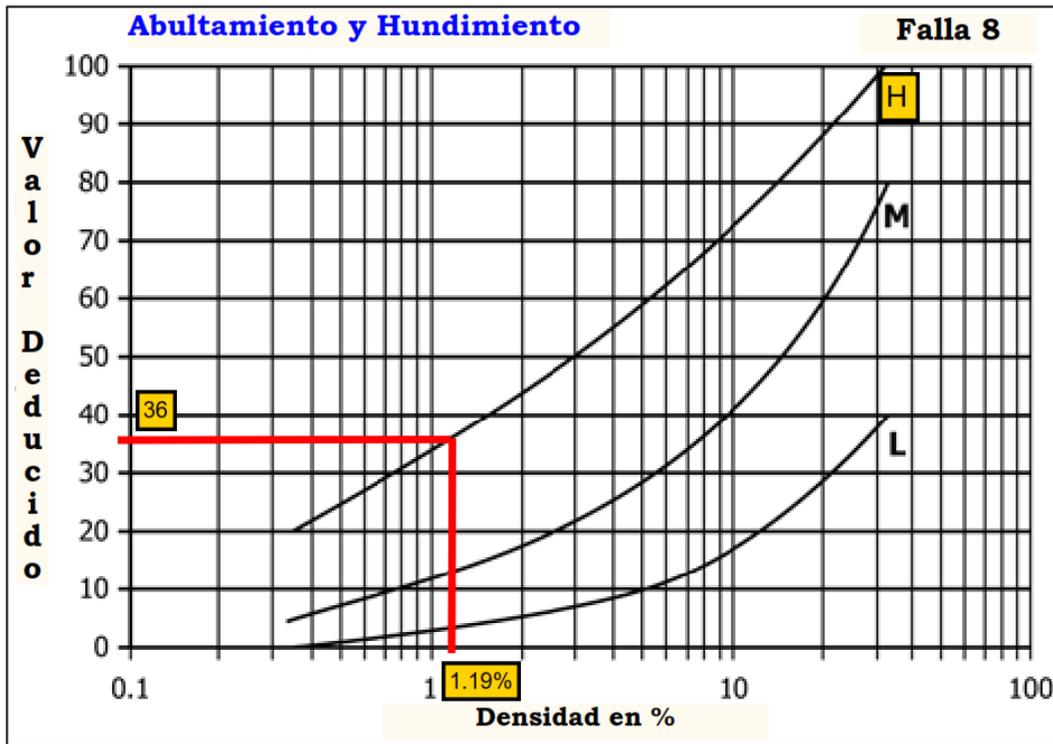
$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$

**Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) = 79**

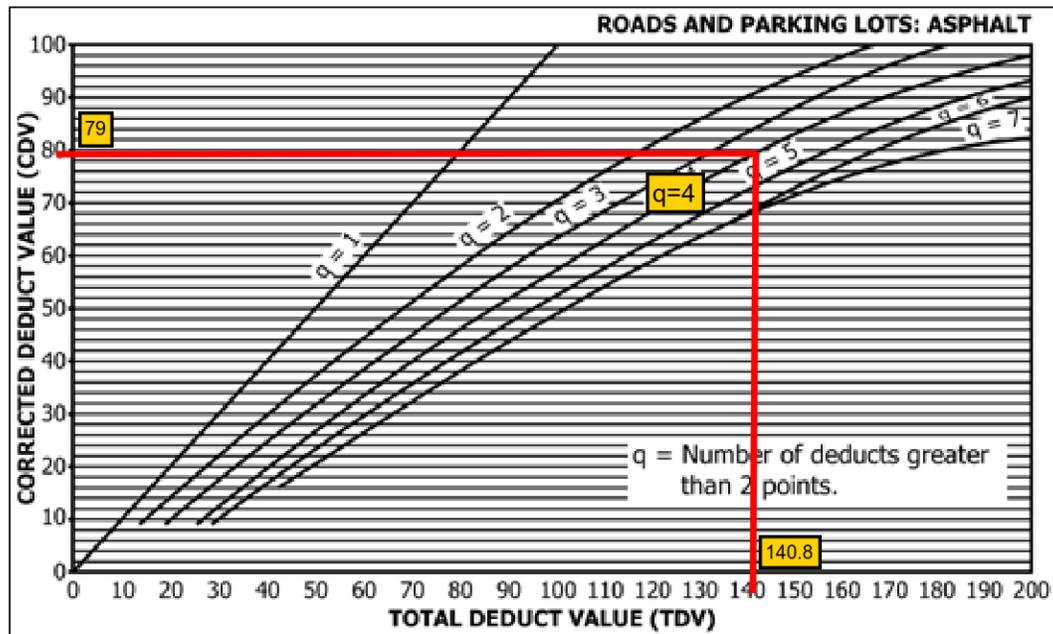
**Indice de condicion de pavimento (PCI) = 21**

**Rango de clasificacion= MUY MALO**

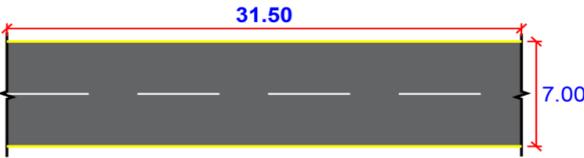
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



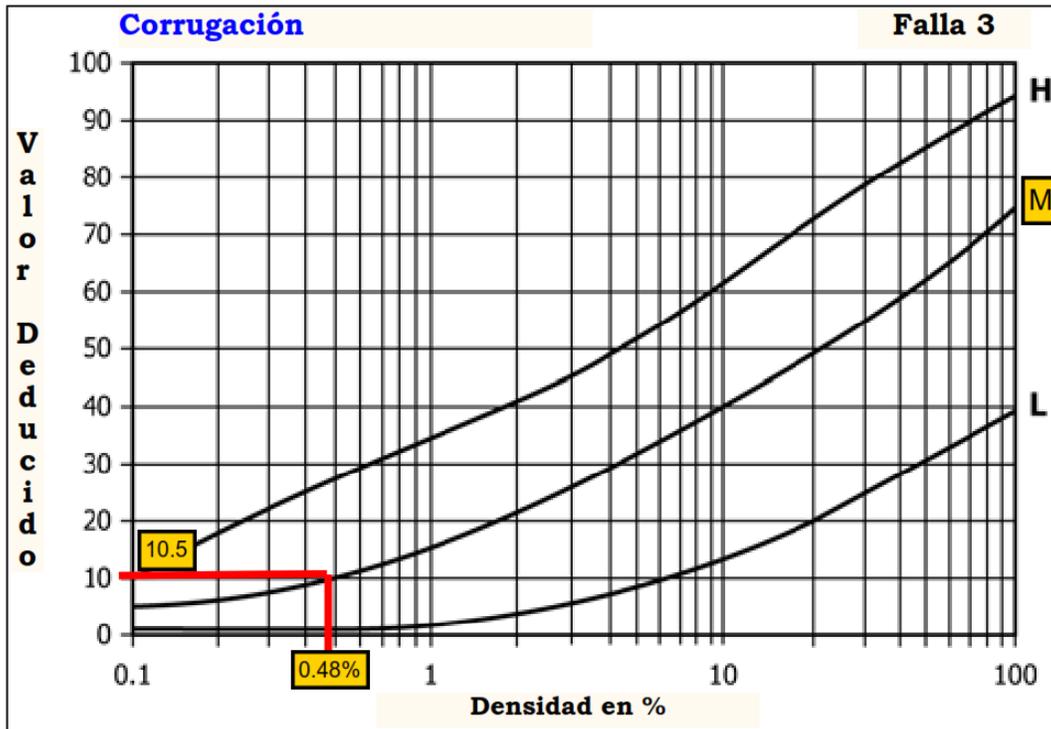
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



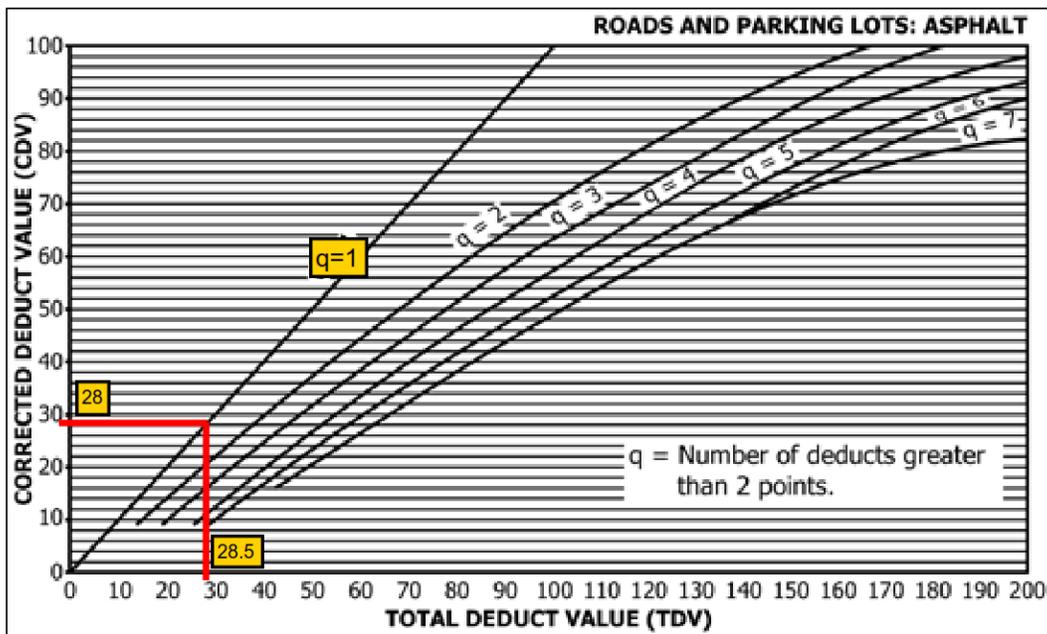
# Resultados de UM-25

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>									
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 0+756.00 - 0+787.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022		<b>UM-25</b>									
 <p>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>											
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios		6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea		11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulimeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depresion		16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma					
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
2	M	4.6						4.6	1.99%	7.5	
3	L	1.12						1.12	0.48%	10.5	
4	L	1.35						1.35	0.58%	0.5	
7	M	1						1	0.43%	22	
16	L	1.75	0.8					2.55	1.10%	4	
									<b>VD Total =</b>	44.5	
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">m=</span> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">8.2</div> </div> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>											
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	22	10.5	7.5	4	0.5			44.5	4	23	
2	22	10.5	7.5	2	0.5			42.5	3	26	
3	22	10.5	2	2	0.5			37	2	26	
4	22	2	2	2	0.5			28.5	1	28	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)									<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b> 28		
									<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b> 72		
									<b>Rango de clasificacion=</b> MUY BUENO		
$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$											

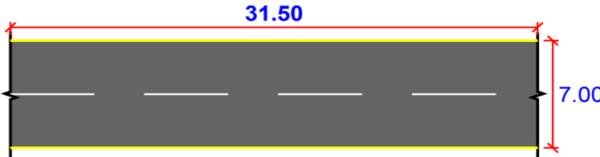
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



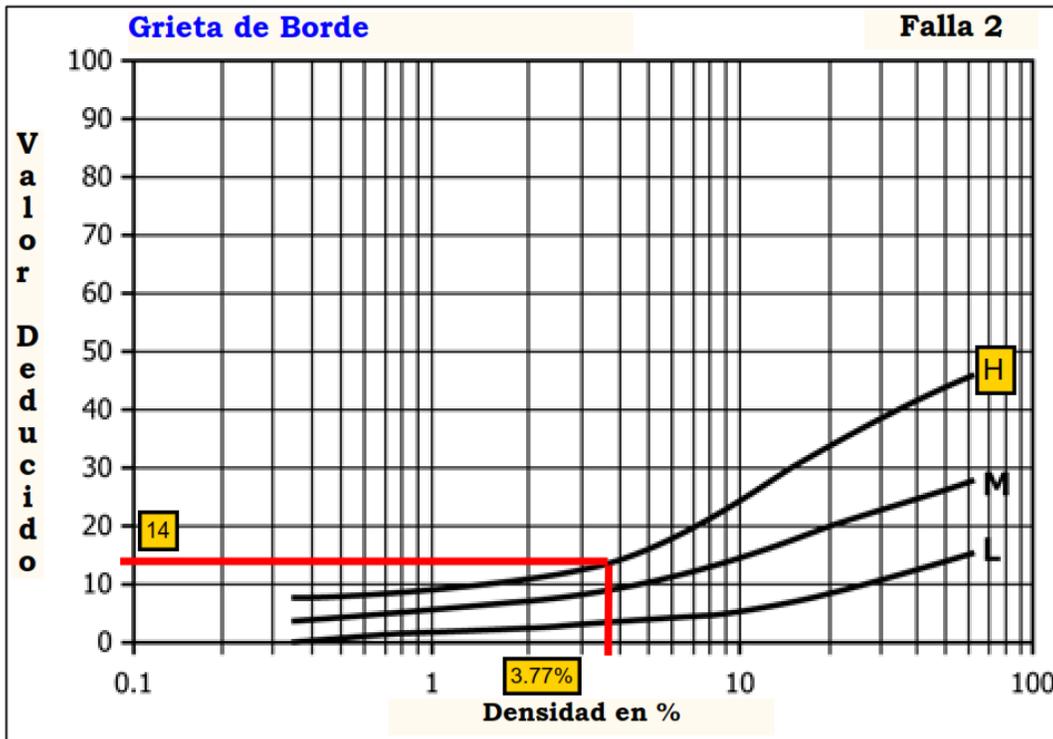
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



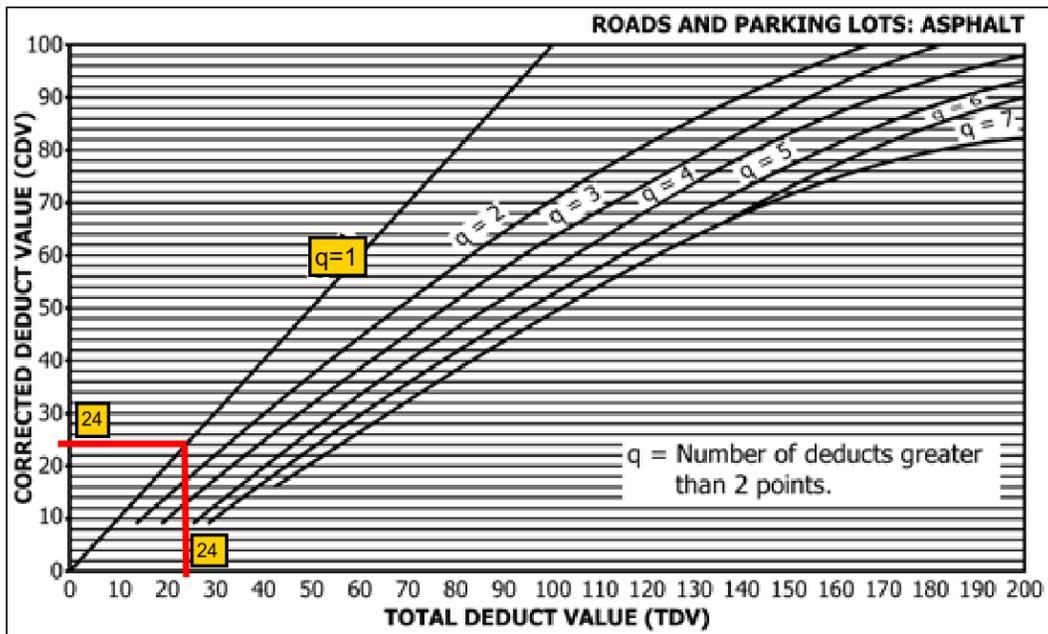
## Resultados de UM-29

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>										
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 0+882.00 - 0+913.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022											<h1>UM-29</h1>	
 <p>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>												
1) Piel de cocodrilo      6) Exudacion      11) Ahuellamiento      16) Grietas longitudinales y transversales 2) Grietas de borde      7) Huecos      12) Grietas de reflexion de junta      17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 3) Corrugacion      8) Abultamientos y hundimientos      13) Pulimeros de agregados      18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 4) Agrietamiento en bloque      9) Hinchamiento      14) Desplazamiento      19) Desnivel carril / berma 5) Parche / Acomedita de servicios      10) Cruce de via ferrea      15) Depresion												
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)	
2	L	1.4	3.4					4.8	2.08%	4		
2	H	8.7						8.7	3.77%	14		
4	M	1.26	1.2	0.8				3.26	1.41%	5		
8	H	1.32						1.32	0.57%	3		
16	L	1.8	1.3	6.15	4.1			13.35	5.78%	6		
16	M	2.9						2.9	1.26%	5		
									<b>VD Total =</b>	<b>37</b>		
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 8.9$ <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)		
1	14	6	5	5	4	3		37	6	16		
2	14	6	5	5	4	2		36	5	14		
3	14	6	5	5	2	2		34	4	15.5		
4	14	6	5	2	2	2		31	3	17.5		
5	14	6	2	2	2	2		28	2	20		
6	14	2	2	2	2	2		24	1	24		
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)								$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$		<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) = 24</b> <b>Indice de condicion de pavimento (PCI) = 76</b> <b>Rango de clasificacion= MUY BUENO</b>		

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



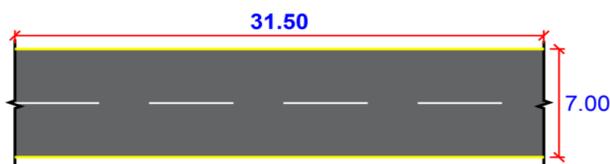
## Resultados de UM-33



### FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI

**PROYECTO:** Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022  
**LUGAR:** Lima, Lima, Chorrillos  
**LONGITUD:** 1660.00m  
**PROGRESIVA:** 1+008.00 - 1+039.50  
**REALIZADO POR:** Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar  
**FECHA:** 09 de mayo del 2022

# UM-33



SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO  
Area=220.00m<sup>2</sup>

- |                                    |                                 |                                   |  |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1) Piel de cocodrilo               | 6) Exudacion                    | 11) Ahuellamiento                 | 16) Grietas longitudinales y transversales       |
| 2) Grietas de borde                | 7) Huecos                       | 12) Grietas de reflexion de junta | 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados |
| 3) Corrugacion                     | 8) Abultamientos y hundimientos | 13) Pulmeros de agregados         | 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento      |
| 4) Agrietamiento en bloque         | 9) Hinchamiento                 | 14) Desplazamiento                | 19) Desnivel carril / berma                      |
| 5) Parche / Acomedita de servicios | 10) Cruce de via ferrea         | 15) Depresion                     |  |

FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	L	3.12	2.18	0.96					6.26	2.71%	20
2	M	5.3	4.75						10.05	4.35%	10
7	M	2							2	0.87%	29.5
8	L	2.08							2.08	0.90%	4
8	M	4.32	0.8						5.12	2.22%	19
16	M	4.7	2.1	3.9					10.7	4.63%	10.5
16	H	2.85							2.85	1.23%	9

**VD Total = 102**

$$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 7.5$$

m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal

VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.

ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)
1	29.5	20	19	10.5	10	9	4		102	7	50
2	29.5	20	19	10.5	2	9	2		92	6	44.5
3	29.5	20	19	10.5	3	2	2		86	5	44
4	29.5	20	19	10.5	2	2	2		85	4	48.5
5	29.5	20	19	2	2	2	2		76.5	3	49
6	29.5	20	2	2	2	2	2		59.5	2	44
7	29.5	2	2	2	2	2	2		41.5	1	41

Nota:

Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)

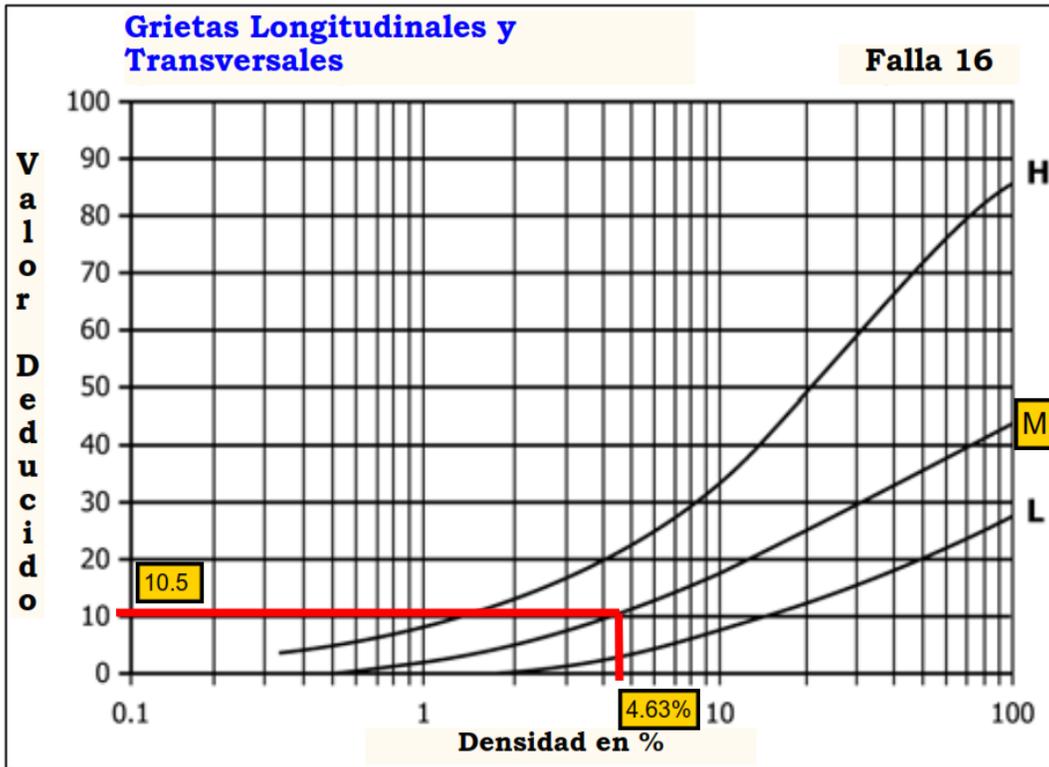
$$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$$

**Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) = 50**

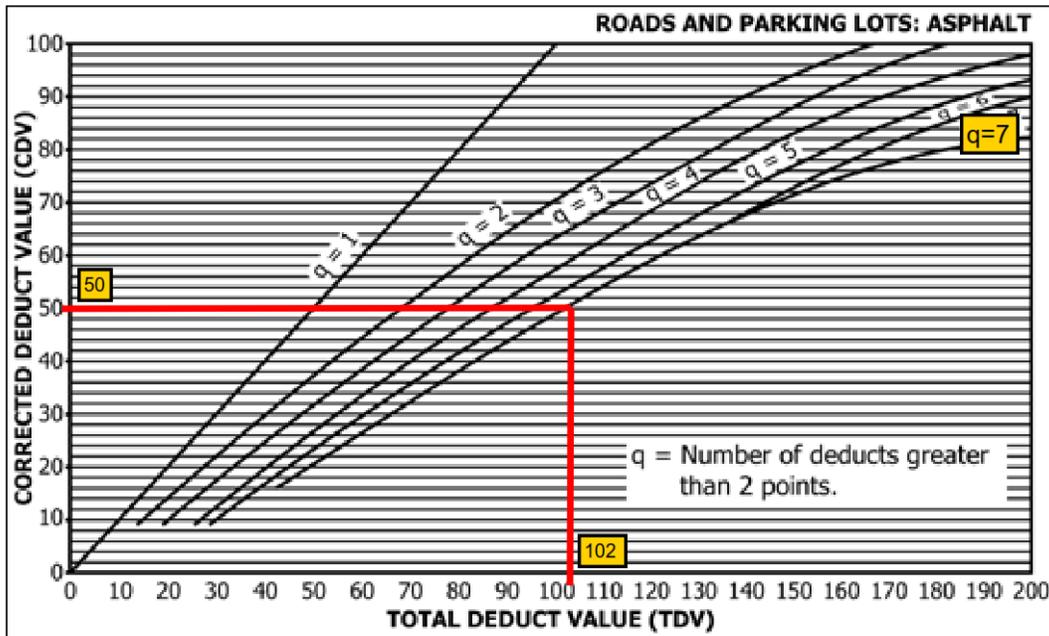
**Indice de condicion de pavimento (PCI) = 50**

**Rango de clasificacion= REGULAR**

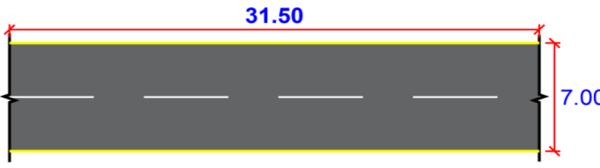
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



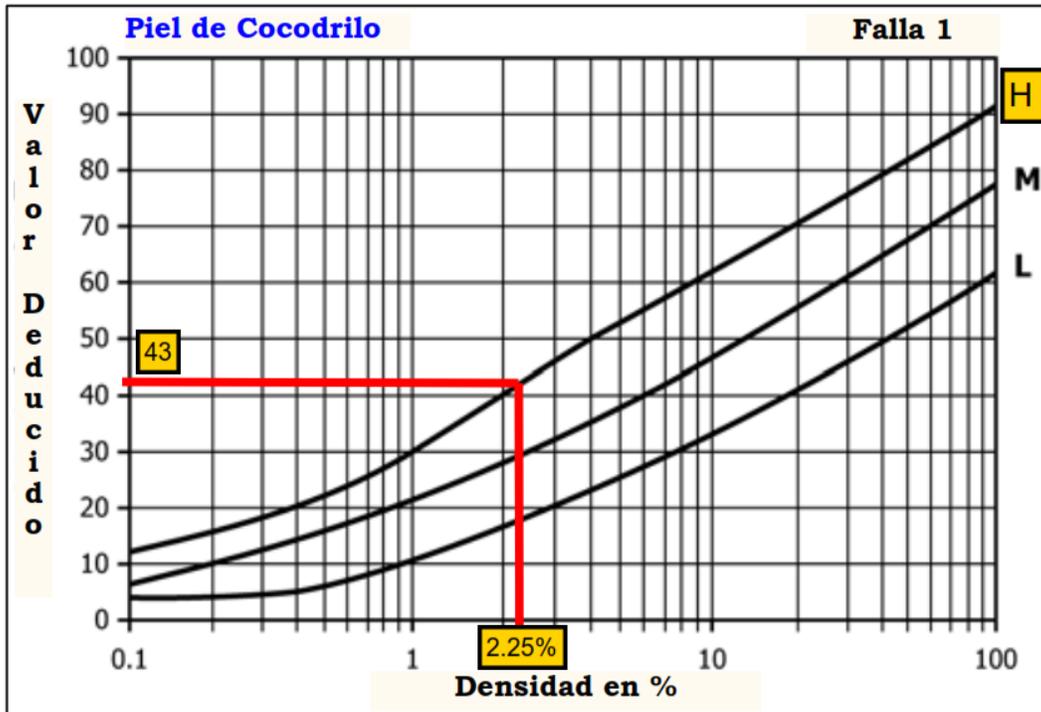
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



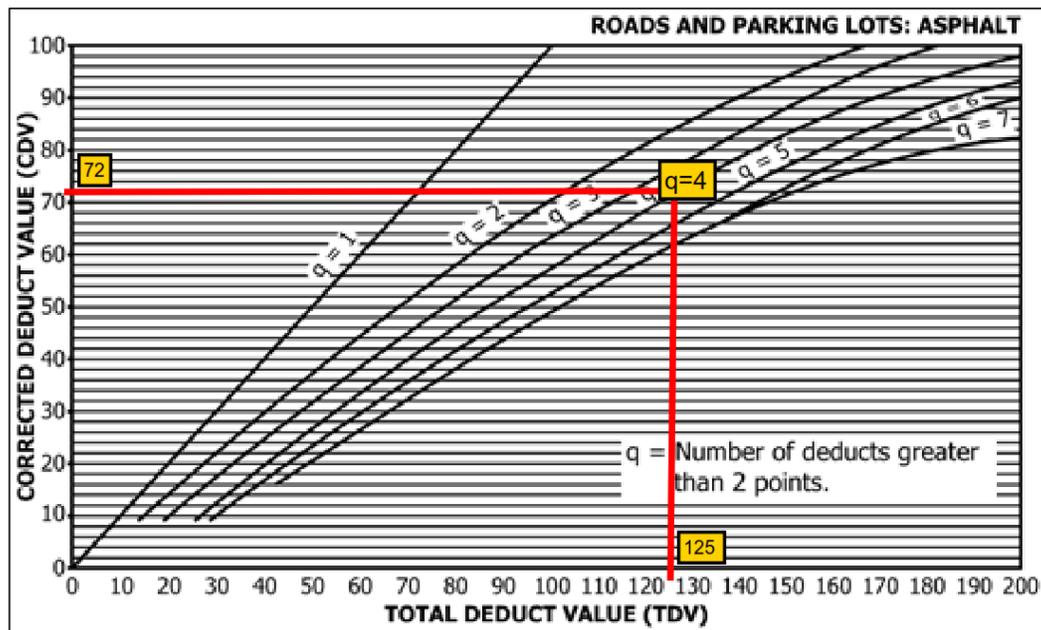
## Resultados de UM-37

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>										
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 1+134.00 - 1+165.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022										<h1>UM-37</h1>		
 <p>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>												
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios		6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea		11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulimeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depresion			16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma					
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)	
1	M	2.1	1.4	3.8					7.3	3.16%	32	
1	H	5.2							5.2	2.25%	43	
2	L	0.8	2.9	1.4					5.1	2.21%	2.5	
2	M	3.2	2,2						3.2	1.39%	7	
2	H	9.25	1,8						9.25	4.00%	16	
7	M	2							2	0.87%	30	
16	L	7.45	3,7						11.15	4.83%	4.5	
16	M	6.85	2,6						9.45	4.09%	10	
										<b>VD Total =</b>	145	
$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - VDM)$ <p style="text-align: center;">m= 6.2</p> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)		
1	43	32	30	16	10	7		138	6	68		
2	43	32	30	16	10	2		133	5	70		
3	43	32	30	16	2	2		125	4	72		
4	43	32	30	2	2	2		111	3	70		
5	43	32	2	2	2	2		83	2	60		
6	43	2	2	2	2	2		53	1	53		
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)										<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b> 72		
										<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b> 28		
										<b>Rango de clasificacion=</b> MALO		

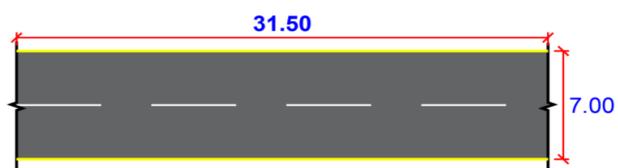
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



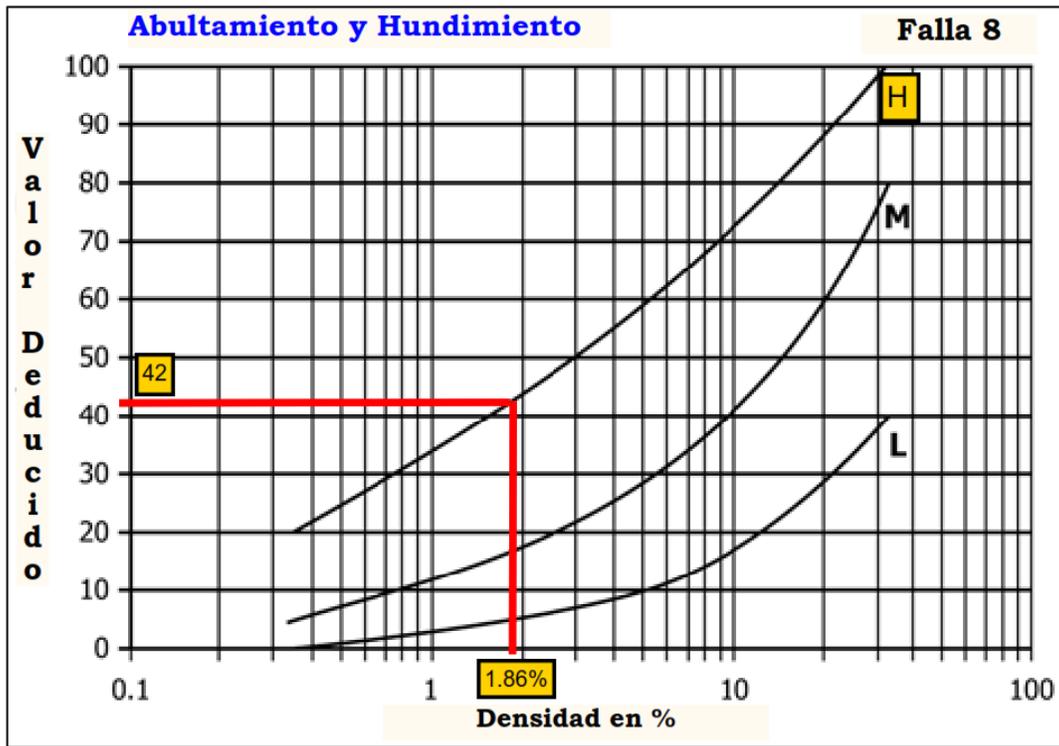
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



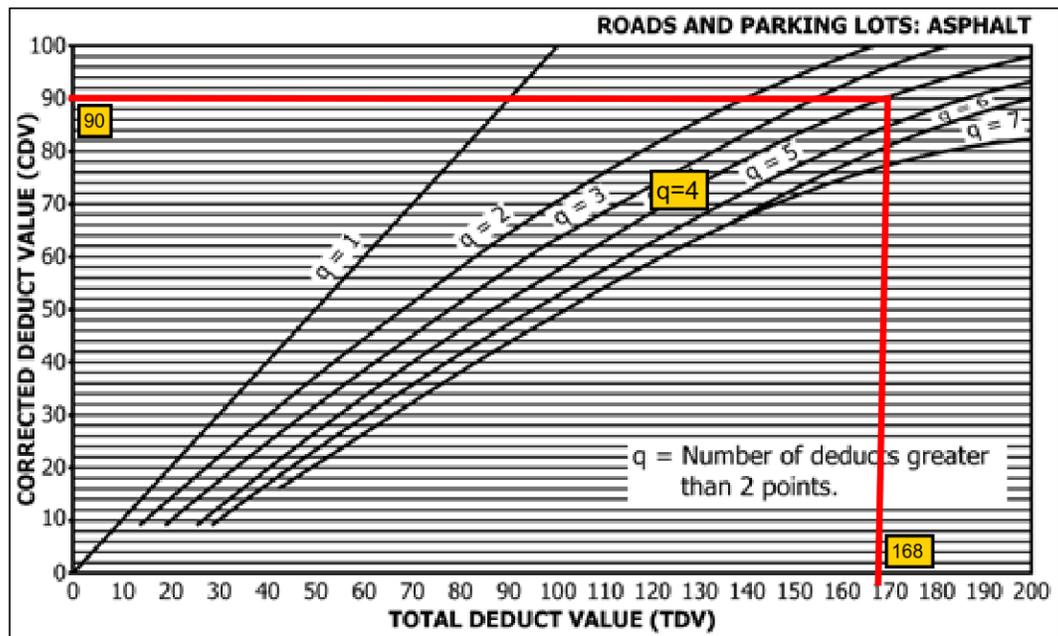
## Resultados de UM-41

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>									
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 1+260.00 - 1+291.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022										<h1>UM-41</h1>	
 <p>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>											
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios			6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea			11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulmeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depresion			16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma		
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	M	0.7	1.4	4.35					6.45	2.79%	32
1	H	8.46	3.2						11.66	5.05%	55
2	M	3.25	1.9	6.3	2.15				13.6	5.89%	11
2	H	12.65	1.6						14.25	6.17%	18
4	M	5.8	2.1						7.9	3.42%	9
7	H	1							1	0.43%	37
8	H	3.5	0.8						4.3	1.86%	42
										<b>VD Total =</b>	204
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="margin-right: 10px;">m=</span> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">5.1</div> </div> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>											
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	55	42	37	32	18			184	5	90	
2	55	42	37	32	2			168	4	90	
3	55	42	37	2	2			138	3	82	
4	55	42	2	2	2			103	2	72	
5	55	2	2	2	2			63	1	63	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)										<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b> 90	
										<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b> 10	
										<b>Rango de clasificacion=</b> FALLADO	

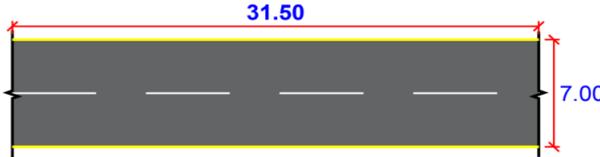
Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



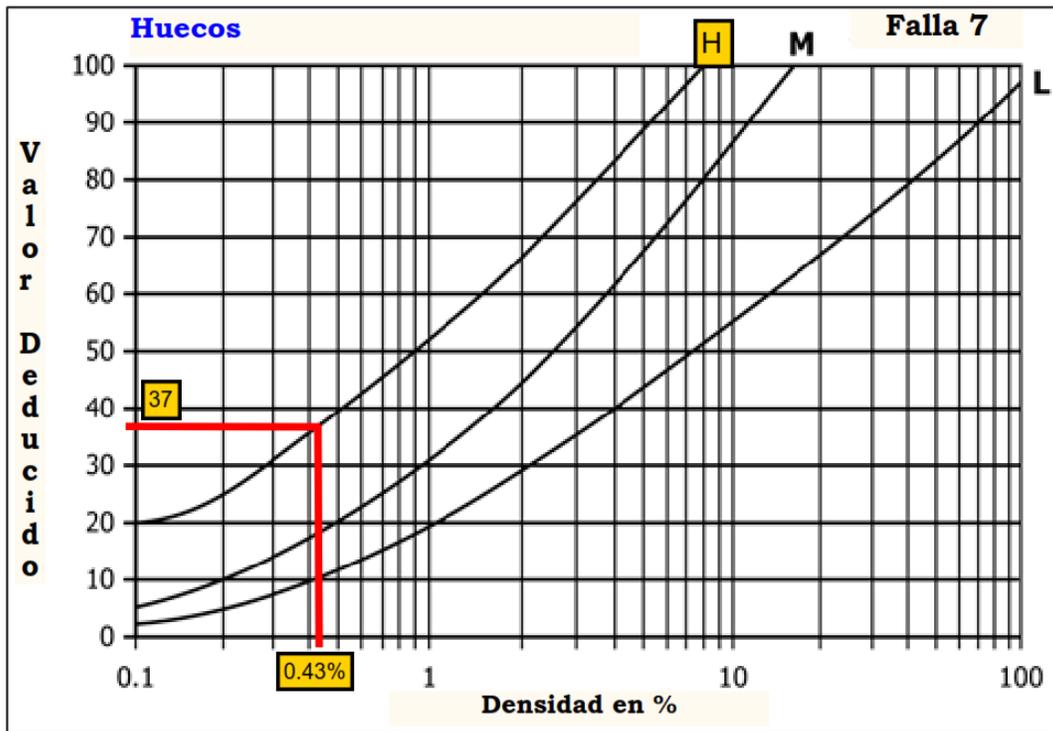
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



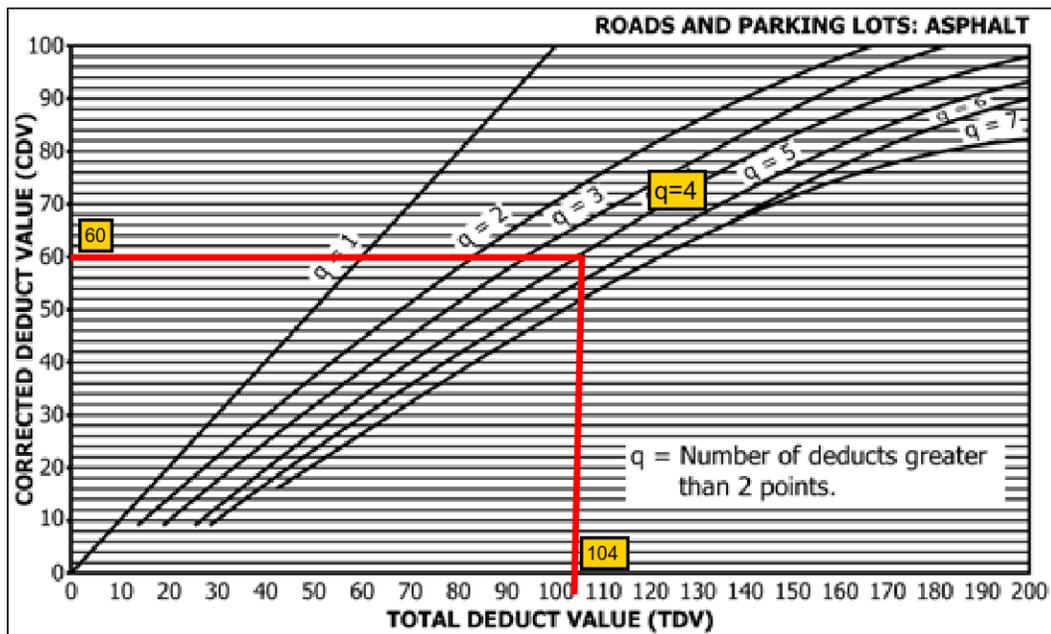
## Resultados de UM-45

		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>									
<b>UM-45</b>											
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 1+386.00 - 1+417.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022		 <p>SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>									
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios		6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea			11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulmeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depression			16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma			
FALLA	SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	L	5.5	2.3	0.95	1.75				10.5	4.55%	37
2	M	4.75	1.3						6.05	2.62%	8
7	H	1							1	0.43%	37
8	M	0.72	1.2						1.92	0.83%	11
16	M	8.35	1.4						9.75	4.22%	10.5
16	H	3.8	2.35						6.15	2.66%	15
										<b>VD Total =</b>	118.5
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM) \quad m = 6.8$ <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal                  VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>											
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	37	37	15	11	10.5	8		118.5	6	58	
2	37	37	15	11	10.5	2		112.5	5	59	
3	37	37	15	11	2	2		104	4	60	
4	37	37	15	2	2	2		95	3	60	
5	37	37	2	2	2	2		82	2	59	
6	37	2	2	2	2	2		47	1	47	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)										$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$	
										Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) = 60	
										Indice de condicion de pavimento (PCI) = 40	
										Rango de clasificacion= MALO	

### Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



### Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



## Resultados de UM-49

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	M	4.35							4.35	1.88%	28	
2	M	7.8	2.6	1.95					12.35	5.35%	11	
2	H	4.25	2.9						7.15	3.10%	13	
4	H	2.65	1.4						4.05	1.75%	11	
7	M	2							2	0.87%	29	
16	M	2.2	0.95	3.4					6.55	2.84%	8	
16	H	5.1							5.1	2.21%	15	
<b>VD Total =</b>											<b>115</b>	
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <p>m= <b>7.5</b></p> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal  VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)								TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
1	29	28	15	13	11	11	8		115	7	56	
2	29	28	15	13	11	11	2		109	6	54	
3	29	28	15	13	11	2	2		100	5	52	
4	29	28	15	13	2	2	2		91	4	52	
5	29	28	15	2	2	2	2		80	3	51.5	
6	29	28	2	2	2	2	2		67	2	49	
7	29	2	2	2	2	2	2		41	1	41	
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)											<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b>	<b>56</b>
											<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b>	<b>44</b>
											<b>Rango de clasificacion=</b>	<b>REGULAR</b>



### FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI

PROYECTO: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022

LUGAR: Lima, Lima, Chorrillos

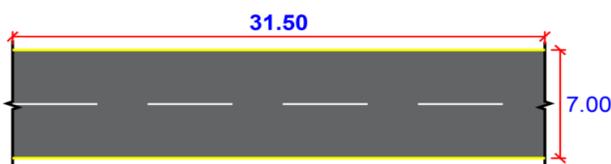
LONGITUD: 1660.00m

PROGRESIVA: 1+512.00 - 1+543.50

REALIZADO POR: Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar

FECHA: 09 de mayo del 2022

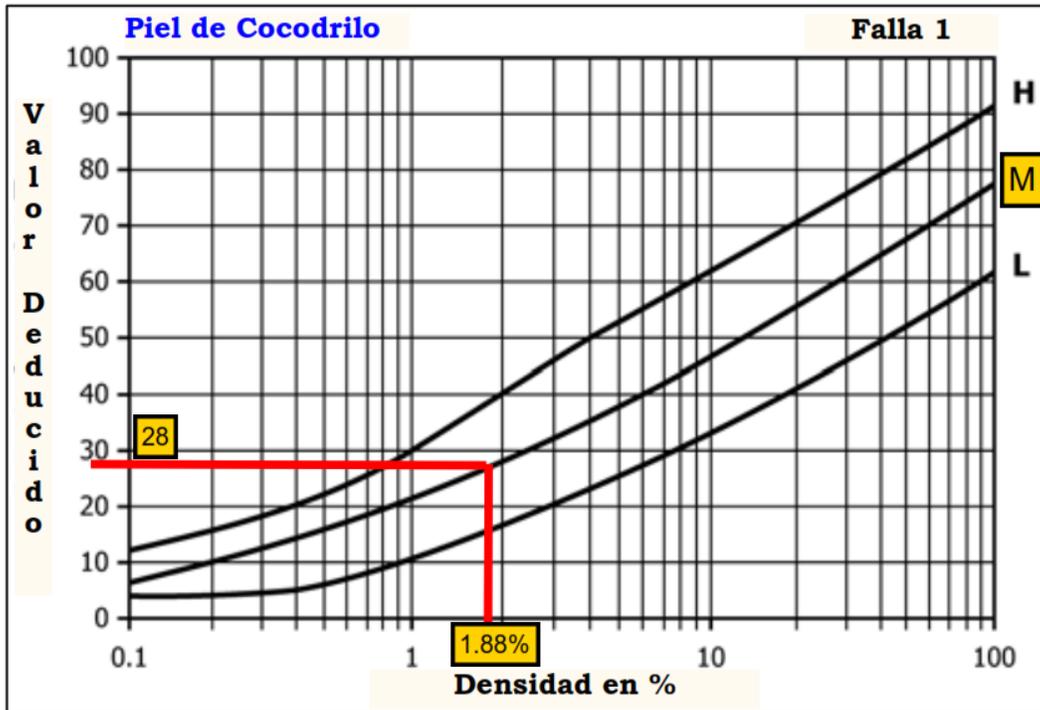
# UM-49



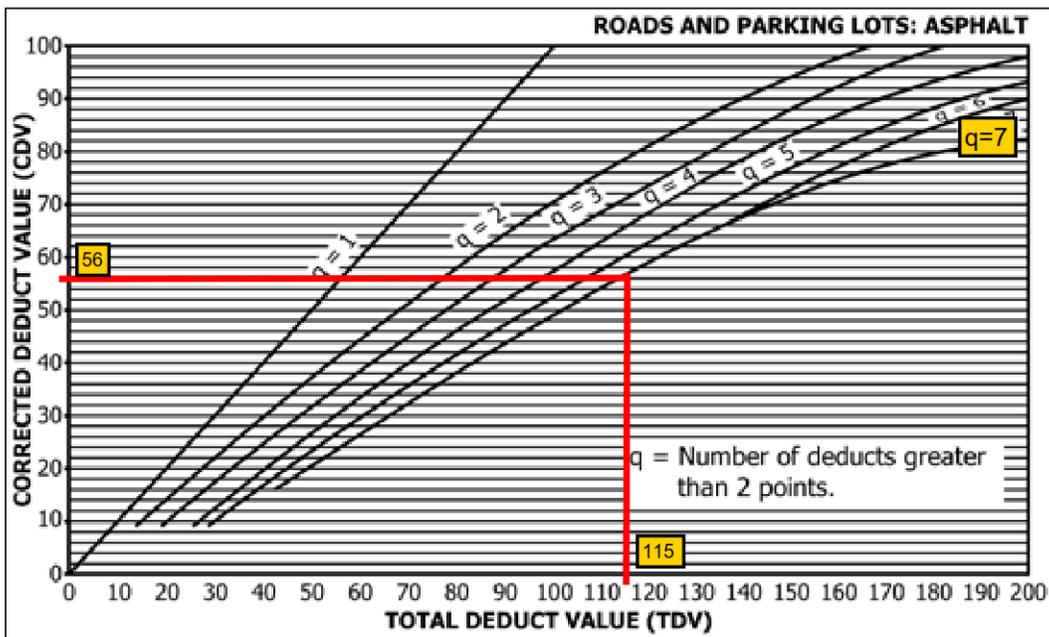
SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO  
Area=220.00m<sup>2</sup>

- |                                   |                                 |                                   |  |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1) Piel de cocodrilo              | 6) Exudacion                    | 11) Ahuellamiento                 | 16) Grietas longitudinales y transversales       |
| 2) Grietas de borde               | 7) Huecos                       | 12) Grietas de reflexion de junta | 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados |
| 3) Corrugacion                    | 8) Abultamientos y hundimientos | 13) Pulimeros de agregados        | 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento      |
| 4) Agrietamiento en bloque        | 9) Hinchamiento                 | 14) Desplazamiento                | 19) Desnivel carril / berma                      |
| 5) Parche / Acomedia de servicios | 10) Cruce de via ferrea         | 15) Depresion                     |  |

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



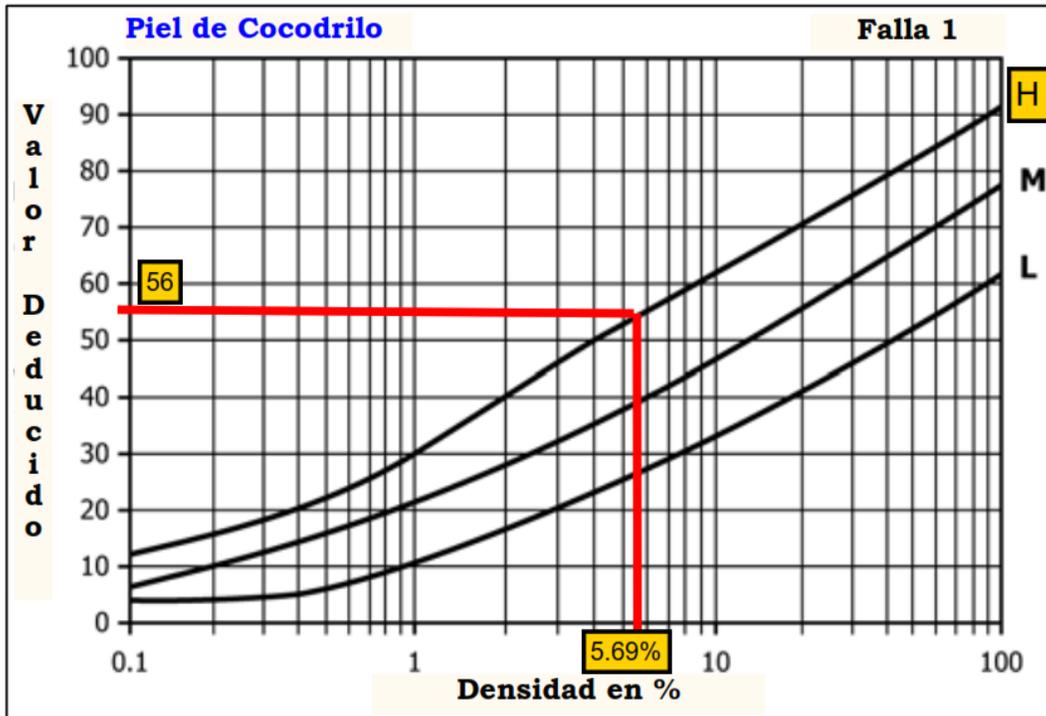
Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



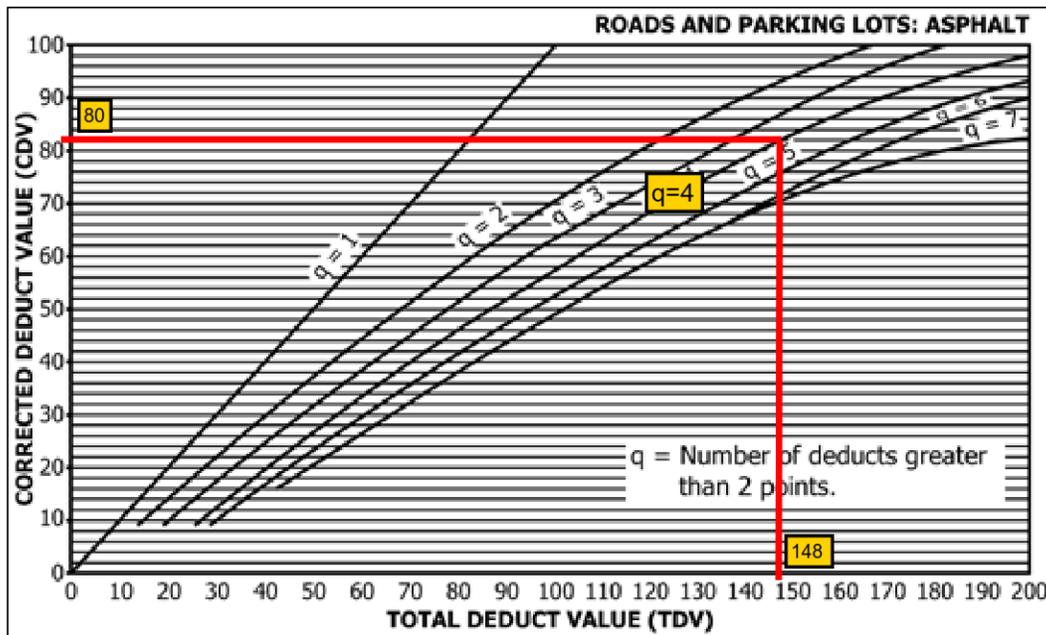
## Resultados de UM-53

FALLA		SEVERIDAD	METRADO							TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	M	6.9							6.9	2.99%	33	
1	H	4.3	8.85						13.15	5.69%	56	
2	M	12.45							12.45	5.39%	10	
2	L	7.8	2.6						10.4	4.50%	5	
4	L	6.7							6.7	2.90%	3.5	
7	M	1							1	0.43%	19	
7	H	1							1	0.43%	38	
16	M	2.4	7.4	1.2					11	4.76%	11	
										<b>VD Total =</b>	<b>175.5</b>	
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <p>m = 5</p> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>												
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)							TOTAL	Número de valores deducidos (n)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)		
1	56	38	33	19	11			157	5	80		
2	56	38	33	19	2			148	4	82		
3	56	38	33	2	2			131	3	79		
4	56	38	2	2	2			100	2	70		
5	56	2	2	2	2			64	1	64		
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)										<b>Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =</b> 82		
$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$										<b>Indice de condicion de pavimento (PCI) =</b> 18		
										<b>Rango de clasificacion=</b> MUY MALO		

Valores deducidos (VD) por tipo y severidad de falla



Máximo valor deducido corregido (VDCmax)



**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTUDIO DE TRANSITO**

## b) Estudio de tráfico IMDa

- Conteo de tránsito

El presente estudio se elaboró por el transcurso de 7 días, a partir del 18 de abril hasta el 24 de abril del presente año durante 24 horas, se logró determinar tanto el número de vehículos livianos como pesados que transitan por esta ruta para finalmente determinar el Índice medio diario anual (IMDa) que se muestra en la siguiente tabla:

Resultados del conteo de tráfico:		Mes: Abril					
Tipo de Vehículo	L	M	M	J	V	S	D
Automóvil	223	204	198	233	212	164	63
Station wagon	24	16	19	8	12	4	3
Camioneta	122	124	118	115	134	107	35
Camioneta rural	32	28	24	29	31	16	8
Micro	39	38	42	37	39	30	25
Bus 2E	8	9	8	7	8	10	10
Camión 2E	16	21	22	12	18	18	14
Camión 3E	8	6	13	4	11	5	6
<b>TOTAL</b>	<b>472</b>	<b>446</b>	<b>444</b>	<b>445</b>	<b>465</b>	<b>354</b>	<b>164</b>

Tabla 28: Resultado diario del conteo vehicular durante una semana.

Fuente: Elaboración propia

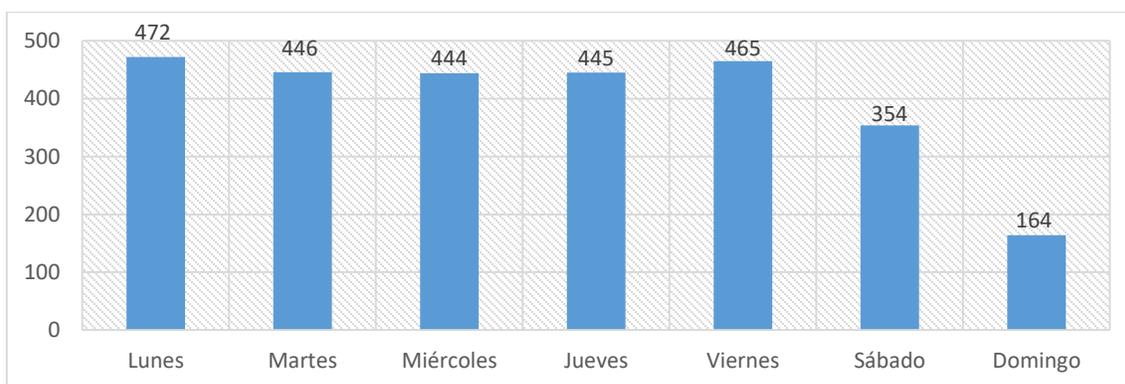


Figura 20 Cantidad de vehículos por día, contabilizados en una semana

Fuente: Elaboración propia

- Factor de corrección estacional (FC)

Para determinar el valor del factor de corrección estacional por unidad de peaje, se tomará en cuenta los valores de la estación más próxima a nuestra área de estudio que viene a ser el peaje de Lunahuaná para el mes de abril, tiene como valores:

FC Vehículos Ligeros : 0.951461490217327

FC Vehículos Pesados : 1.04960166929028

- Índice medio anual (IMDa)

Para obtener el IMDa a partir de un conteo de tránsito de 7 días, usaremos esta fórmula:

$$IMD_a = IMD_s * FC \quad IMD_s = \sum \frac{v_i}{7}$$

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							Total / Semana	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	L	M	M	J	V	S	D				
Automóvil	223	204	198	233	212	164	63	1297	185	0.951461	176
Station wagon	24	16	19	8	12	4	3	86	12	0.951461	12
Camioneta	122	124	118	115	134	107	35	755	108	0.951461	103
C.R.	32	28	24	29	31	16	8	168	24	0.951461	23
Micro	39	38	42	37	39	30	25	250	36	0.951461	34
Bus Grande	8	9	8	7	8	10	10	60	9	0.951461	8
Camión 2E	16	21	22	12	18	18	14	121	17	1.049601	18
Camión 3E	8	6	13	4	11	5	6	53	8	1.049601	8
<b>Total</b>								<b>2790</b>	<b>399</b>		<b>382</b>

Tabla 29: Obtención del IMDa por tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia

- Demanda actual

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	176	46.07
Camioneta	103	26.96
Station wagon	12	3.14
C.R.	23	6.02
Micro	34	8.90
Camión 2E	18	4.71
Bus Grande	8	2.09
Camión 3E	8	2.09
<b>IMDa</b>	<b>382</b>	<b>100.00</b>

Tabla 30: Incidencia por tipo de vehículo en tráfico actual

Fuente: Elaboración propia

Como vemos, el tipo de vehículo más frecuente en esta vía son los automóviles.

El IMDa totaliza 382veh/día, por lo que se considera una autopista de tercera clase según el Manual de Usuario de Carreteras.

- Cálculo del F\* IMDa

Tipo de Vehículo	IMD <sub>a</sub>	Carga de Veh/eje	Factor de Eje equivalente(F)	F*IMDa
Automóvil, Station wagon, Camioneta, C.R. Micro	314	1	0.000527017	0.17
	314	1	0.000527017	0.17
Micro	34	7	1.265366749	43.02
	34	10	2.211793566	75.20
Bus Grande	8	7	1.265366749	10.12
	8	16	1.260585019	10.08
Camión 2E	18	7	1.265366749	22.78
	18	10	2.211793566	39.81
Camión 3E	8	7	1.265366749	10.12
	8	16	1.260585019	10.08
<b>Σ F*IMDa</b>				<b>221.56</b>

Tabla 31 Cálculo del IMDa con factor estacional

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo del ESAL

$$ESAL = (\Sigma F * IMDA) * 365 * Fd * Fc * \left( \frac{(1 + r)^n}{r} - 1 \right)$$

Fd: Factor direccional = 0.5

Fc: Factor carril = 0.8

r: Tasa de crecimiento = 3 %

n: Periodo de diseño = 20 años

$$ESAL = 869,190.66 = 8.69 \times 10^5$$

<b>Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)</b>									
Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
		Ligeros							
		FC							
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893
5	AYAMRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864
21	CUCULI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186
22	DESPIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716
23	DESPIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432

**Factores de corrección de vehículos para hallar el IMDA.**

*Figura 21* Factor de corrección para vehículos ligeros, (pavimentos, 2016)

<b>Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)</b>									
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
		Pesados							
		FC							
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222
22	DESMO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187
23	DESMO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626
33	LOMALARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430

Figura 22 Factor de corrección para vehículos pesados, (MTC, 2013)

**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
VIGA DE BENKELMAN**

### **c) Ensayo con la Viga de Benkelman**

#### **b.1) Medición de deflexiones de los puntos ensayados**

En la tabla siguiente se muestra el registro de las lecturas tomadas en campo en las progresivas indicadas cada 25.00m y en ambos carriles de forma zigzag, de acuerdo al manual del ensayo se tomaron las muestras paralelas al borde de la calzada a una distancia de 0.90m que corresponde a un ancho de carril de 3.60m.

Cuando los puntos de ensayo se ubicaron entre las llantas posteriores del camión, se procedió a colocar la viga de Benkelman, de forma perpendicular al eje de los neumáticos, sin ejercer rozamiento alguno, así mismo la punta de la viga se ubicó exactamente en el punto marcado en el pavimento, al instalar correctamente la viga y calibrando el dial en cero, se procedió a activar la viga para dar inicio a la toma de valores, para ello, el conductor del camión debe acelerar a una velocidad por debajo de los 3km/h, con el fin de anotar los valores que muestran los diales en las marcas de 25, 50, 100 y una lectura final en cuanto el camión se haya alejado considerablemente.

**Proyecto: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022**

LUGAR	: LIMA - LIMA - CHORRILLOS
ELABORADO POR:	LIZARBE PALACIOS, CURTH- LONGA SOLON JULIO CESAR

**FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO - VIGA DE BENKELMAN**

EQUIPO :	VIGA BENKELMAN	SEPARACION:	C/25 mts.
FECHA :	06 MAYO 2022	RELACIÓN DE VIGA:	2 EN 1
TRAMO :	0+025.00 AL 1+650.00	F.C.E.	1.00

**DATOS DE CAMPO**

Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>-2</sup> mm					Observaciones
					L MAX.	L100	L50	L25	Lo	
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	18.0	12.0	6.6	0.00	-
2	0+025.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	3.1	0.00	-
3	0+050.00	DER	17	41	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	-
4	0+075.00	IZQ	17	41	22.0	16.5	11.0	5.5	0.00	-
5	0+100.00	DER	17	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	-
6	0+125.00	IZQ	17	42	18.0	14.0	10.0	5.0	0.00	-
7	0+150.00	DER	17	41	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	-
8	0+175.00	IZQ	17	41	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	-
9	0+200.00	DER	17	40	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	-
10	0+225.00	IZQ	17	41	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	-
11	0+250.00	DER	17	39	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	-
12	0+275.00	IZQ	17	42	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	-
13	0+300.00	DER	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
14	0+325.00	IZQ	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
15	0+350.00	DER	17	43	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	-
16	0+375.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	-
17	0+400.00	DER	17	42	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	-
18	0+425.00	IZQ	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	-
19	0+450.00	DER	17	40	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	-
20	0+475.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	-
21	0+500.00	DER	18	42	26.0	19.0	12.0	6.0	0.00	-
22	0+525.00	IZQ	18	41	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	-
23	0+550.00	DER	18	42	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	-
24	0+575.00	IZQ	18	39	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	-
25	0+600.00	DER	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-

0+625.00	IZQ	18	40	22.0	17.0	12.0	6.0	0.00	-
0+650.00	DER	18	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	-
0+675.00	IZQ	18	40	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	-
0+700.00	DER	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	-
0+725.00	IZQ	18	41	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	-
0+750.00	DER	18	42	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	-
0+775.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
0+800.00	DER	18	42	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	-
0+825.00	IZQ	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	-
0+850.00	DER	18	40	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	-
0+875.00	IZQ	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
0+900.00	DER	18	40	23.0	18.0	13.0	6.5	0.00	-
0+925.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
0+950.00	DER	18	42	16.0	11.0	6.0	3.0	0.00	-
0+975.00	IZQ	18	43	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	-
1+000.00	DER	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	-
1+025.00	IZQ	18	41	19.0	14.0	9.0	4.5	0.00	-
1+050.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	-
1+075.00	IZQ	18	41	23.0	17.5	12.0	6.0	0.00	-
1+100.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	-
1+125.00	IZQ	18	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	-
1+150.00	DER	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	-
1+175.00	IZQ	18	40	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	-
1+200.00	DER	18	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	-
1+225.00	IZQ	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	-
1+250.00	DER	17	42	16.0	11.5	7.0	3.5	0.00	-
1+275.00	IZQ	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	-
1+300.00	DER	17	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	-
1+325.00	IZQ	17	40	16.0	12.0	8.0	4.0	0.00	-
1+350.00	DER	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	-
1+375.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	-
1+400.00	DER	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	-
1+425.00	IZQ	17	40	24.0	19.0	14.0	7.0	0.00	-
1+450.00	DER	17	41	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	-
1+475.00	IZQ	17	42	26.0	22.0	18.0	9.0	0.00	-
1+500.00	DER	17	41	25.0	20.0	15.0	7.5	0.00	-
1+525.00	IZQ	17	42	24.0	19.5	15.0	7.5	0.00	-
1+550.00	DER	17	42	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	-
1+575.00	IZQ	17	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	-
1+600.00	DER	17	42	18.0	12.5	7.0	3.5	0.00	-
1+625.00	IZQ	17	41	26.0	21.5	17.0	8.5	0.00	-
1+650.00	DER	17	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	-

Tabla 32 Recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia

0+825	1	11	6	4	2	5	0.558	0.305	0.203	0.102
Fuente: Elaboración Propia										
Como el espesor de la carpeta asfáltica es 5 cm, la temperatura no influye en las deflexiones tomadas, por lo tanto se trabajan con los datos tomados en la tabla 5.6.										
102										

## b.2) Evaluación de las deflexiones corregidas

Luego de la tabulación en la hoja de registro de recolección de datos de campo, se procede a realizar el cálculo de las deflexiones corregidas, para lo cual utilizaremos la siguiente formula:

El espesor de la carpeta asfáltica es de 2" por lo cual la temperatura no se tomará en cuenta para la evaluación de las deflexiones.

$$D0 = (L_f - L_0) \times K \times C$$

CALCULO DE DEFLEXIONES CORREGIDAS											
EQUIPO : VIGA BENKELMAN						SEPARACION: C/25 mts.					
FECHA : 06 MAYO 2022						RELACION DE VIGA: 2 EN 1					
TRAMO : 0+000.00			AL			1+650.00			F.C.E. 1.00		
DATOS DE CAMPO											
N <sup>a</sup>	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>2</sup> mm					DEFLECCIONES E <sup>2</sup> mm	
					L MÁX.	L100	L50	L25	L0	D MÁX.	D25
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	18.0	12.0	6.6	0.00	48.0	13.2

Tabla 33 Cálculo de deflexión en la progresiva 0+000.00 lado derecho

Fuente: Elaboración propia

$$D_{max} = (24 - 0) \times 2 \times 1 = 48$$

$$D_{25} = (6.6 - 0) \times 2 \times 1 = 13.2$$

De la tabla anterior, observamos los resultados del cálculo de las deflexiones para el primer punto ensayado ubicado en la progresiva 0+000.00 en el lado derecho de la calzada obtenemos el D<sub>max</sub> = 48; D<sub>25</sub> = 13.2.

Realizando el mismo procedimiento obtendremos las deflexiones corregidas para todos los puntos ensayados en ambos lados de la calzada. Obteniendo los siguientes resultados:

CALCULO DE DEFLEXIONES CORREGIDAS											
EQUIPO : VIGA BENKELMAN				SEPARACION: C/25 mts.							
FECHA : 06 MAYO 2022				RELACIÓN DE VIGA: 2 EN 1							
TRAMO : 0+000.00		AL	1+650.00							F.C.E. 1.00	
DATOS DE CAMPO											
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO					DEFLECCIONES	
					E <sup>2</sup> mm					E <sup>2</sup> mm	
					L MÁX.	L100	L50	L25	L0	D MÁX.	D25
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	18.0	12.0	6.6	0.00	48.0	13.2
2	0+025.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	3.1	0.00	34.0	6.3
3	0+050.00	DER	17	41	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	36.0	8.0
4	0+075.00	IZQ	17	41	22.0	16.5	11.0	5.5	0.00	44.0	11.0
5	0+100.00	DER	17	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	
6	0+125.00	IZQ	17	42	18.0	14.0	10.0	5.0	0.00	36.0	10.0
7	0+150.00	DER	17	41	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0
8	0+175.00	IZQ	17	41	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	40.0	10.0
9	0+200.00	DER	17	40	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0
10	0+225.00	IZQ	17	41	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	44.0	13.0
11	0+250.00	DER	17	39	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	46.0	15.0
12	0+275.00	IZQ	17	42	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0
13	0+300.00	DER	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
14	0+325.00	IZQ	17	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
15	0+350.00	DER	17	43	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	38.0	11.0
16	0+375.00	IZQ	17	42	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	34.0	8.0
17	0+400.00	DER	17	42	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	30.0	6.0
18	0+425.00	IZQ	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	34.0	8.0
19	0+450.00	DER	17	40	20.0	15.0	10.0	5.0	0.00	40.0	10.0
20	0+475.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	46.0	14.0
21	0+500.00	DER	18	42	26.0	19.0	12.0	6.0	0.00	52.0	12.0
22	0+525.00	IZQ	18	41	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	34.0	9.0
23	0+550.00	DER	18	42	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	44.0	14.0
24	0+575.00	IZQ	18	39	17.0	13.0	9.0	4.5	0.00	34.0	9.0
25	0+600.00	DER	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0

26	0+625.00	IZQ	18	40	22.0	17.0	12.0	6.0	0.00	44.0	12.0
27	0+650.00	DER	18	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	48.0	16.0
28	0+675.00	IZQ	18	40	22.0	17.5	13.0	6.5	0.00	44.0	13.0
29	0+700.00	DER	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0
30	0+725.00	IZQ	18	41	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	30.0	6.0
31	0+750.00	DER	18	42	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	42.0	13.0
32	0+775.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
33	0+800.00	DER	18	42	18.0	13.0	8.0	4.0	0.00	36.0	8.0
34	0+825.00	IZQ	18	40	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0
35	0+850.00	DER	18	40	15.0	10.5	6.0	3.0	0.00	30.0	6.0
36	0+875.00	IZQ	18	40	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
37	0+900.00	DER	18	40	23.0	18.0	13.0	6.5	0.00	46.0	13.0
38	0+925.00	IZQ	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
39	0+950.00	DER	18	42	16.0	11.0	6.0	3.0	0.00	32.0	6.0
40	0+975.00	IZQ	18	43	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	36.0	9.0
41	1+000.00	DER	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0
42	1+025.00	IZQ	18	41	19.0	14.0	9.0	4.5	0.00	38.0	9.0
43	1+050.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	42.0	13.0
44	1+075.00	IZQ	18	41	23.0	17.5	12.0	6.0	0.00	46.0	12.0
45	1+100.00	DER	18	41	21.0	17.0	13.0	6.5	0.00	42.0	13.0
46	1+125.00	IZQ	18	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0
47	1+150.00	DER	18	41	20.0	16.0	12.0	6.0	0.00	40.0	12.0
48	1+175.00	IZQ	18	40	19.0	15.0	11.0	5.5	0.00	38.0	11.0
49	1+200.00	DER	18	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	36.0	9.0
50	1+225.00	IZQ	18	42	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0
51	1+250.00	DER	17	42	16.0	11.5	7.0	3.5	0.00	32.0	7.0
52	1+275.00	IZQ	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	42.0	11.0
53	1+300.00	DER	17	41	18.0	13.5	9.0	4.5	0.00	36.0	9.0
54	1+325.00	IZQ	17	40	16.0	12.0	8.0	4.0	0.00	32.0	8.0
55	1+350.00	DER	17	42	21.0	16.0	11.0	5.5	0.00	42.0	11.0
56	1+375.00	IZQ	17	41	23.0	18.5	14.0	7.0	0.00	46.0	14.0
57	1+400.00	DER	17	41	17.0	12.5	8.0	4.0	0.00	34.0	8.0
58	1+425.00	IZQ	17	40	24.0	19.0	14.0	7.0	0.00	48.0	14.0
59	1+450.00	DER	17	41	22.0	18.0	14.0	7.0	0.00	44.0	14.0
60	1+475.00	IZQ	17	42	26.0	22.0	18.0	9.0	0.00	52.0	18.0
61	1+500.00	DER	17	41	25.0	20.0	15.0	7.5	0.00	50.0	15.0
62	1+525.00	IZQ	17	42	24.0	19.5	15.0	7.5	0.00	48.0	15.0
63	1+550.00	DER	17	42	23.0	19.0	15.0	7.5	0.00	46.0	15.0
64	1+575.00	IZQ	17	41	15.0	11.0	7.0	3.5	0.00	30.0	7.0
65	1+600.00	DER	17	42	18.0	12.5	7.0	3.5	0.00	36.0	7.0
66	1+625.00	IZQ	17	41	26.0	21.5	17.0	8.5	0.00	52.0	17.0
67	1+650.00	DER	17	40	24.0	20.0	16.0	8.0	0.00	48.0	16.0

Tabla 34 Deflexiones corregidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

### b.3) Evaluación del radio de curvatura

Luego de obtener las deflexiones corregidas, procederemos a hallar el radio de curvatura, para lo cual utilizaremos la siguiente formula:

$$RC = \frac{3125}{(D0 - D25)}$$

CALCULO DE RADIO DE CURVATURA										
EQUIPO : VIGA BENKELMAN			SEPARACION: C/25 mts.							
FECHA : 06 MAYO 2022			RELACIÓN DE VIGA: 2 EN 1							
TRAMO : 0+000.00 AL 1+650.00			F.C.E. 1.00							
DATOS DE CAMPO										
N <sup>a</sup>	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>2</sup> mm			DEFLECCIONES E <sup>2</sup> mm		RAD. CURV.
					L MÁX.	L25	L0	D MÁX.	D25	
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	6.6	0.00	48.0	13.2	89.80

Tabla 35 Cálculo de radio de curvatura en la progresiva 0+000.00 lado derecho

$$RC = \frac{3125}{(D0 - D25)}$$

$$RC = \frac{3125}{(48 - 13.2)} = 89.80m$$

De la tabla anterior, observamos el resultado del cálculo del radio de curvatura para el primer punto ensayado ubicado en la progresiva 0+000.00 en el lado derecho de la calzada nos da un valor de 89.80m.

Realizando el mismo procedimiento obtendremos los radios de curvaturas para todos los puntos ensayados en ambos lados de la calzada. Obteniendo los siguientes resultados:

CALCULO DE RADIO DE CURVATURA										
EQUIPO : VIGA BENKELMAN			SEPARACION: C/25 mts.							
FECHA : 06 MAYO 2022			RELACION DE VIGA: 2 EN 1							
TRAMO : 0+000.00		AL	1+650.00		F.C.E.		1.00			
DATOS DE CAMPO										
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp	Temp	LECTURA DE CAMPO			DEFLECCIONES		RAD. CURV.
			Amb	Pav	E <sup>2</sup> mm			E <sup>2</sup> mm		
			°C	°C	L MÁX.	L25	L0	D MÁX.	D25	
1	0+000.00	DER	17	41	24.0	6.6	0.00	48.0	13.2	89.80
2	0+025.00	IZQ	17	42	17.0	3.1	0.00	34.0	6.3	112.72
3	0+050.00	DER	17	41	18.0	4.0	0.00	36.0	8.0	111.61
4	0+075.00	IZQ	17	41	22.0	5.5	0.00	44.0	11.0	94.70
5	0+100.00	DER	17	40	14.0	3.0	0.00	28.0		142.05
6	0+125.00	IZQ	17	42	18.0	5.0	0.00	36.0	10.0	120.19
7	0+150.00	DER	17	41	14.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
8	0+175.00	IZQ	17	41	20.0	5.0	0.00	40.0	10.0	104.17
9	0+200.00	DER	17	40	15.0	3.5	0.00	30.0	7.0	135.87
10	0+225.00	IZQ	17	41	22.0	6.5	0.00	44.0	13.0	100.81
11	0+250.00	DER	17	39	23.0	7.5	0.00	46.0	15.0	100.81
12	0+275.00	IZQ	17	42	14.0	3.0	0.00	28.0	6.0	142.05
13	0+300.00	DER	17	41	20.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
14	0+325.00	IZQ	17	41	20.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61
15	0+350.00	DER	17	43	19.0	5.5	0.00	38.0	11.0	115.74
16	0+375.00	IZQ	17	42	17.0	4.0	0.00	34.0	8.0	120.19
17	0+400.00	DER	17	42	15.0	3.0	0.00	30.0	6.0	130.21
18	0+425.00	IZQ	17	41	17.0	4.0	0.00	34.0	8.0	120.19
19	0+450.00	DER	17	40	20.0	5.0	0.00	40.0	10.0	104.17
20	0+475.00	IZQ	17	41	23.0	7.0	0.00	46.0	14.0	97.66
21	0+500.00	DER	18	42	26.0	6.0	0.00	52.0	12.0	78.13
22	0+525.00	IZQ	18	41	17.0	4.5	0.00	34.0	9.0	125.00
23	0+550.00	DER	18	42	22.0	7.0	0.00	44.0	14.0	104.17
24	0+575.00	IZQ	18	39	17.0	4.5	0.00	34.0	9.0	125.00
25	0+600.00	DER	18	40	20.0	6.0	0.00	40.0	12.0	111.61

26	0+625.00	IZQ	18	40	22.0	6.0	0.00	<b>44.0</b>	12.0	97.66
27	0+650.00	DER	18	40	24.0	8.0	0.00	<b>48.0</b>	16.0	97.66
28	0+675.00	IZQ	18	40	22.0	6.5	0.00	<b>44.0</b>	13.0	100.81
29	0+700.00	DER	18	40	14.0	3.0	0.00	<b>28.0</b>	6.0	142.05
30	0+725.00	IZQ	18	41	15.0	3.0	0.00	<b>30.0</b>	6.0	130.21
31	0+750.00	DER	18	42	21.0	6.5	0.00	<b>42.0</b>	13.0	107.76
32	0+775.00	IZQ	18	41	20.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
33	0+800.00	DER	18	42	18.0	4.0	0.00	<b>36.0</b>	8.0	111.61
34	0+825.00	IZQ	18	40	14.0	3.0	0.00	<b>28.0</b>	6.0	142.05
35	0+850.00	DER	18	40	15.0	3.0	0.00	<b>30.0</b>	6.0	130.21
36	0+875.00	IZQ	18	40	20.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
37	0+900.00	DER	18	40	23.0	6.5	0.00	<b>46.0</b>	13.0	94.70
38	0+925.00	IZQ	18	41	20.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
39	0+950.00	DER	18	42	16.0	3.0	0.00	<b>32.0</b>	6.0	120.19
40	0+975.00	IZQ	18	43	18.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
41	1+000.00	DER	18	42	15.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
42	1+025.00	IZQ	18	41	19.0	4.5	0.00	<b>38.0</b>	9.0	107.76
43	1+050.00	DER	18	41	21.0	6.5	0.00	<b>42.0</b>	13.0	107.76
44	1+075.00	IZQ	18	41	23.0	6.0	0.00	<b>46.0</b>	12.0	91.91
45	1+100.00	DER	18	41	21.0	6.5	0.00	<b>42.0</b>	13.0	107.76
46	1+125.00	IZQ	18	41	15.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
47	1+150.00	DER	18	41	20.0	6.0	0.00	<b>40.0</b>	12.0	111.61
48	1+175.00	IZQ	18	40	19.0	5.5	0.00	<b>38.0</b>	11.0	115.74
49	1+200.00	DER	18	41	18.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
50	1+225.00	IZQ	18	42	15.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
51	1+250.00	DER	17	42	16.0	3.5	0.00	<b>32.0</b>	7.0	125.00
52	1+275.00	IZQ	17	42	21.0	5.5	0.00	<b>42.0</b>	11.0	100.81
53	1+300.00	DER	17	41	18.0	4.5	0.00	<b>36.0</b>	9.0	115.74
54	1+325.00	IZQ	17	40	16.0	4.0	0.00	<b>32.0</b>	8.0	130.21
55	1+350.00	DER	17	42	21.0	5.5	0.00	<b>42.0</b>	11.0	100.81
56	1+375.00	IZQ	17	41	23.0	7.0	0.00	<b>46.0</b>	14.0	97.66
57	1+400.00	DER	17	41	17.0	4.0	0.00	<b>34.0</b>	8.0	120.19
58	1+425.00	IZQ	17	40	24.0	7.0	0.00	<b>48.0</b>	14.0	91.91
59	1+450.00	DER	17	41	22.0	7.0	0.00	<b>44.0</b>	14.0	104.17
60	1+475.00	IZQ	17	42	26.0	9.0	0.00	<b>52.0</b>	18.0	91.91
61	1+500.00	DER	17	41	25.0	7.5	0.00	<b>50.0</b>	15.0	89.29
62	1+525.00	IZQ	17	42	24.0	7.5	0.00	<b>48.0</b>	15.0	94.70
63	1+550.00	DER	17	42	23.0	7.5	0.00	<b>46.0</b>	15.0	100.81
64	1+575.00	IZQ	17	41	15.0	3.5	0.00	<b>30.0</b>	7.0	135.87
65	1+600.00	DER	17	42	18.0	3.5	0.00	<b>36.0</b>	7.0	107.76
66	1+625.00	IZQ	17	41	26.0	8.5	0.00	<b>52.0</b>	17.0	89.29
67	1+650.00	DER	17	40	24.0	8.0	0.00	<b>48.0</b>	16.0	97.66

Tabla 36 Radios de curvaturas en la zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia

#### b.4) Deflexión característica (DC)

Debido a que la zona de estudio corresponde a una carretera de tercera clase de acuerdo al estudio de tránsito realizado en el acápite a).

$$DC = Dm + 1.282. \sigma$$

ESTADÍSTICAS												
EQUIPO: VIGA BENKELMAN				SEPARACION: C/25 mts.								
FECHA: 06 MAYO 2022				RELACIÓN DE VIGA: 2 EN 1								
TRAMO: 0+000.00		AL	1+650.00					F.C.E. 1.00				
DATOS DE CAMPO												
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb	Temp Pav	LECTURA DE CAMPO E <sup>2</sup> mm					DEFLECCIONES E <sup>2</sup> mm		RAD. CURV.
			°C	°C	L MÁX.	L100	L50	L25	L0	D MÁX.	D25	
ESTADÍSTICAS	D. MEDIA		17	41.04	19.4	15.0	10.5	5.3	0.00	38.8	10.6	112.49
	D. ESTÁNDAR		0.5	0.88	3.5	3.3	3.2	1.6	0.00	6.9	3.3	15.80
	Coef. VARIACION		2.9	2.1	17.8	22.0	30.7	31.1	-	17.8	30.7	14.0
	MÁXIMO		18	43	26.0	22.0	18.0	9.0	0.00	52.0	18.0	142.05
	MÍNIMO		17	39	14.0	10.0	6.0	3.0	0.00	28.0	6.0	78.13
DEFLECCIÓN CARACTERÍSTICA:					47.7		E <sup>2</sup> mm					

Tabla 37 Estadísticas de valores hallados mediante la Viga de Benkelman  
Fuente: Elaboración propia

b.4.1) Deflexión media o deflexión promedio ( $\bar{D}$ )

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = 38.8$$

b.4.2) Desviación estándar ( $\sigma$ )

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}} = 6.9$$

b.4.3) Coeficiente de variación (C.V.)

$$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{D}} \times 100 = 17.78\%$$

Por lo tanto, la deflexión característica será igual a:

$$DC = Dm + 1.282. \sigma = 47.7mm. 10^{-2}$$

**b.5) Deflexión admisible (D<sub>adm</sub>)**

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{0.25} = 107.26mm. 10^{-2}$$

N: Valor calculado en el estudio de tránsito: **869,190.66 ESAL.**

**b.6) Deflexión crítica (D<sub>CR</sub>)**

$$D_{CR} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}} = 115.91mm. 10^{-2}$$

N18: Valor calculado en el estudio de tránsito: **869,190.66 ESAL.**

**b.7) Tipo de intervención**

Criterio de evaluación de acuerdo a la tabla establecida por el MTC para el análisis combinado de resultados de la deflexión característica con el radio de curvatura del pavimento analizado.

Tipo de Deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno Dc < Da	Bueno Rc > 100
Tipo II	Malo Dc > Da	Bueno Rc > 100
Tipo III	Bueno Dc < Da	Malo Rc < 100
Tipo IV	Malo Dc > Da	Malo Rc < 100

*Tabla 38* Del análisis combinado de los resultados de evaluación del MTC

Descripción	D <sub>CA</sub>	D <sub>adm</sub>	RC	D <sub>CA</sub> ≤ D <sub>adm</sub>	RC ≥ 100	Subrasante	Pavimento
Av. Alameda del Premio Real	47.7	107.26	112.49	SI	SI	Bueno	Bueno

*Tabla 39* Estado de la subrasante y del pavimento flexible del MTC

La deflexión característica resulta inferior a la deflexión admisible, además el radio de curvatura es mayor a 80, por lo tanto, el estado de la subrasante y del pavimento es “Bueno”

a. Matriz operacional

Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real - Chorrillos 2022										
Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variable	Definición Concelptual	Definición Operacional	Dimensio n	Indicador	Unidad de medida	Escala	Instrumentos
¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?	Evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real.	La condición superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real es mala, siendo necesaria una rehabilitación.	VI : Evaluacion superficial del pavimento flexible	Se utilizará el método del PCI con la finalidad de reconocer la calidad superficial y el estado general de la calzada, teniendo en cuenta todos los factores que indiquen negativamente en el estado del servicio, (Solminihac, y otros, 2018)	Para la realización de la variable independiente evaluación superficial se utilizará la inspección visual y recopilación de información con ayuda del manual de fallas y formatos del PCI diagnosticar los niveles de severidad del pavimento flexible.	Clasificación de Fallas o Patologías del pavimento	Piel de cocodrilo	m2	Razón	- Hojas de registro - Fichas técnicas - Manual del método del PCI - Inspección visual - Cinta métrica - Hoja de cálculo en Excel
							Grietas de borde	ml		
							Agrietamiento en bloque	m2		
							Abultamiento y hundimiento	m2		
							Corrugacion	m2		
							Exudacion	m2		
							Hueco	Und		
¿Cuál es el tipo de falla más recurrente del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?	Determinar el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.	La piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.	VI : Evaluacion superficial del pavimento flexible	Nos permite evaluar la estructura del pavimento mediante ensayos no destructivos, se medirá las deflexiones de la estructura del pavimento con la Viga de Benkelman, asimismo, se calculara el IMDA y el ESAL con el estudio de tránsito, con ello se podrá determinar el estado del pavimento. (Solminihac, y otros, 2018)	Se realizo un conteo vehicular por 7 dias consecutivos, obteniendo el IMDA y el numero de ejes equivalentes ESAL.	Clasificación del estado del pavimento	Grietas longitudinales y transversales	ml	Razón	- Hoja de registro de IMDA - Cronometro - Hojas de cálculo Excel
							Índice de PCI	Adimensional		
¿Cuál es la clasificación vehicular del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real de acuerdo al IMDA?	Determinar el volumen de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real y su clasificación vehicular.	El IMDA de la Av. Alameda del Premio Real, clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase	VD : Evaluacion estructural del pavimento flexible	Nos permite evaluar la estructura del pavimento mediante ensayos no destructivos, se medirá las deflexiones de la estructura del pavimento con la Viga de Benkelman, asimismo, se calculara el IMDA y el ESAL con el estudio de tránsito, con ello se podrá determinar el estado del pavimento. (Solminihac, y otros, 2018)	Se realizo el ensayo con la Viga de Benkelman, del cual se obtuvieron las deflexiones y radios de curvatura del pavimento	Estudio de tránsito	IMDA (índice Medio Diario Anual)	Veh/día	Razón	- Hoja de registro de IMDA - Cronometro - Hojas de cálculo Excel
							ESAL	Adimensional		
¿Cuáles es la condición de la subrasante y del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real mediante la viga de Benkelman?	Determinar la relación entre la deflexión admisible y la deflexión característica mediante el análisis combinado de los resultados de la evaluación con la Viga de Benkelman.	La deflexión característica es mayor a la deflexión admisible por lo que la subrasante tiene condición de malo.	VD : Evaluacion estructural del pavimento flexible	Nos permite evaluar la estructura del pavimento mediante ensayos no destructivos, se medirá las deflexiones de la estructura del pavimento con la Viga de Benkelman, asimismo, se calculara el IMDA y el ESAL con el estudio de tránsito, con ello se podrá determinar el estado del pavimento. (Solminihac, y otros, 2018)	Se realizo el ensayo con la Viga de Benkelman, del cual se obtuvieron las deflexiones y radios de curvatura del pavimento	Ensayo mediante la Viga de Benkelman	Deflexión	mm	Razón	- Viga de Benkelman - Hoja de registro de deflexiones - Termómetro con aguja - Hojas de cálculo Excel
							Radio de Curvatura	m		
							Deflexión Crítica	Adimensional		
Deflexión Admisible										
						Tipos de Deflexiones	Deflexión Característica			

Tabla 40 Operacionalización de las variables

Fuente: Elaboración propia

## b. Matriz de discusión

Matriz de discusión							
Título	Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real - Chorrillos 2022	¿Cuál es el estado actual del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?	Evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real.	La condición superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Alameda del Premio Real es mala, siendo necesaria una rehabilitación.	VI : Evaluación superficial del pavimento flexible	Clasificación de Fallas o Patologías del pavimento	Piel de cocodrilo	m2
						Grietas de borde	ml
						Agrietamiento en bloque	m2
						Abultamiento y hundimiento	m2
						Corrugación	m2
						Exudación	m2
						Hueco	Und
						Grietas longitudinales y transversales	ml
						Índice de PCI	Adimensional
						Clasificación por índice obtenido	Escala
	VD : Evaluación estructural del pavimento flexible	Ensayo mediante la Viga de Benkelman	Deflexión	mm			
			Radio de Curvatura	m			
			Número de ejes equivalentes	ESAL			
			ESAL	Adimensional			
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	
¿Cuál es el tipo de falla más recurrente del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real?	Determinar el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.	La piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente en el pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real.	VI : Evaluación superficial del pavimento flexible	Fallas en el pavimento	Indicencia	Porcentaje	
¿Cuál es la clasificación vehicular del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real de acuerdo al IMDA?	Determinar el volumen de tránsito de la Av. Alameda del Premio Real y su clasificación vehicular.	El IMDA de la Av. Alameda del Premio Real, clasifica al pavimento como una carretera de tercera clase	VD : Evaluación estructural del pavimento flexible	Estudio de tránsito	IMDA (índice Medio Diario Anual)	Veh/día	
¿Cuáles es la condición de la subrasante y del pavimento de la Av. Alameda del Premio Real mediante la viga de Benkelman?	Determinar la relación entre la deflexión admisible y la deflexión característica mediante el análisis combinado de los resultados de la evaluación con la Viga de Benkelman.	La deflexión característica es mayor a la deflexión admisible por lo que la subrasante tiene condición de malo.		Tipos de Deflexiones	Deflexión Crítica	Adimensional	
					Deflexión Admisible		
Deflexión Característica							

Tabla 41 Matriz de discusión

Fuente: Elaboración propia

c. Validez del Instrumento de recolección de datos Evaluación Superficial PCI

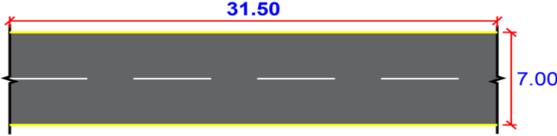
		<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI</b>								
<b>PROYECTO:</b> Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022 <b>LUGAR:</b> Lima, Lima, Chorrillos <b>LONGITUD:</b> 1660.00m <b>PROGRESIVA:</b> 0+000.00 - 0+031.50 <b>REALIZADO POR:</b> Lizarbe Palacios, Curth ; Longa Solon Julio Cesar <b>FECHA:</b> 09 de mayo del 2022		UM-01								
 <p style="text-align: center;">SECCION DE UNIDAD DE MUESTREO Area=220.00m<sup>2</sup></p>										
1) Piel de cocodrilo 2) Grietas de borde 3) Corrugacion 4) Agrietamiento en bloque 5) Parche / Acomedita de servicios		6) Exudacion 7) Huecos 8) Abultamientos y hundimientos 9) Hinchamiento 10) Cruce de via ferrea		11) Ahuellamiento 12) Grietas de reflexion de junta 13) Pulimeros de agregados 14) Desplazamiento 15) Depression		16) Grietas longitudinales y transversales 17) Meteorizacion / Desprendimiento de agregados 18) Grietas parabolicas o por deslizamiento 19) Desnivel carril / berma				
FALLA	SEVERIDAD	METRADO						TOTAL	DENSIDAD en % d=Total/Area de UM	VALOR DEDUCIDO (VD)
								VD Total =	0	
$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - VDM)$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 40px; height: 15px; background-color: yellow;" type="text" value="m="/> </div> <p>m: Número máximo de valores deducidos, expresada con un decimal            VDM: Máximo valor deducido, El número de valores individuales deducidos se reduce a (m), Si hay menos valores deducidos que (m) se utilizan todos.</p>										
ORDEN	VALORES DEDUCIDOS (VD)						TOTAL	Número de valores deducidos (q)	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)	
								Maximo Valor Deducido Corregido (VDCmax) =	0	
								Indice de condicion de pavimento (PCI) =		
								Rango de clasificacion=		
Nota: Severidad: (L= Low, M= Medium, H= High)		$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$								
 <b>ING. ELISA DE JESÚS QUIROZ LOZANO</b> INGENIERA CIVIL REG. CIP N° 130017 <b>Firma del Experto validador</b>		 <b>DAVID JOSEPH BRAVO HERMOZA</b> INGENIEROS CIVIL REG. CIP. N° 100591				 <b>Laberiano Lopez Celso</b> TEC. EN MEC. DE LAB. SUELO CONCRETO Y ASFALTO				

Tabla 42 Validez de instrumento de la variable dependiente  
Fuente: Elaboración propia

d. Validez del Instrumento de recolección de datos Evaluación Estructural Viga de Benkelman

<b>Proyecto: Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos- 2022</b>											
LUGAR		: LIMA - LIMA - CHORRILLOS									
ELABORADO POR:		LIZARBE PALACIOS, CURTH - LONGA SOLON JULIO CESAR									
<b>FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO - VIGA DE BENKELMAN</b>											
EQUIPO:		VIGA BENKELMAN				SEPARACION:					C/25 mts.
FECHA:		06 MAYO 2022				RELACIÓN DE VIGA:					2 EN 1
TRAMO:		Km.	AL	1+650.00			F.C.E.				1.00
<b>DATOS DE CAMPO</b>											
Nº	PROGR. Km.	LADO	Temp Amb °C	Temp Pav °C	LECTURA DE CAMPO E <sup>-2</sup> mm					Observaciones	
					L MÁX.	L100	L50	L25	L0		
1	0+000.00	DER									
2	0+025.00	IZQ									
3	0+050.00	DER									
4	0+075.00	IZQ									
5	0+100.00	DER									
6	0+125.00	IZQ									
7	0+150.00	DER									
8	0+175.00	IZQ									
9	0+200.00	DER									
10	0+225.00	IZQ									
11	0+250.00	DER									
12	0+275.00	IZQ									
13	0+300.00	DER									
14	0+325.00	IZQ									
15	0+350.00	DER									
16	0+375.00	IZQ									
17	0+400.00	DER									
18	0+425.00	IZQ									
19	0+450.00	DER									
20	0+475.00	IZQ									
21	0+500.00	DER									
22	0+525.00	IZQ									
23	0+550.00	DER									
24	0+575.00	IZQ									
25	0+600.00	DER									
26	0+625.00	DER									

 <b>DAVID JOSEPH BRAVO HERMOZA</b> INGENIEROS CIVIL REG. CIP N° 100591	 <b>Laberiano Lopez Celso</b> TEC. EN MEC. DE LAB. SUELO CONCRETO Y ASFALTO	 <b>ING. ELISA DE JESÚS QUIROZ LOZANO</b> REG. CIP N° 130617 Firma del Experto validador
--	---	--

Tabla 43 Validez de instrumento de la variable independiente  
Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Título de Tesis: "Evaluación superficial de la condición del pavimento flexible y el método del PCI en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos 2021"

Autores: Longa Solon, Julio Cesar

Lizarbe Palacios, Curth

ENCUESTA		APLICA	NO APLICA
1	¿El tránsito a excesiva velocidad de vehículos influye de manera negativa en la conservación del pavimento?	X	
2	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del tránsito de vehículos pesados?	X	
3	¿La congestión vehicular producida en la vía afecta el deterioro de la infraestructura vial?	X	
4	¿El libre tránsito es afectado directamente por los desniveles presentes en la vía?	X	
5	¿El deterioro del pavimento en esta vía está causada debido a que no se realizaron los estudios de suelo?	X	
6	¿El deterioro del pavimento en esta vía es por consecuencia de un mal estudio de afluencia vehicular?	X	
7	¿Un mal dimensionamiento de las capas de la infraestructura puede ser causante del deterioro del pavimento?	X	
8	¿Considera que el diseño del espacio de la vía influye de manera negativa a el deterioro del pavimento?	X	
9	¿El deterioro del pavimento es causa de que en el proceso constructivo se contrató mano de obra inexperta?	X	
10	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de ingenieros sin experiencia en infraestructura vial?	X	
11	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de falta de mantenimiento en la vía?	X	
12	¿La mala compactación de las capas presentes en la infraestructura es causa del deterioro del pavimento?	X	
13	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del uso de materiales de mala calidad en el proceso constructivo?	X	

Nombre y Apellidos: Ing. Elisa de Jesús Quiroz Lozano

DNI: 43654408

ELISA DE JESÚS  
QUIROZ LOZANO  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 138817

Firma del Experto Validador



Título de Tesis: "Evaluación superficial de la condición del pavimento flexible y el método del PCI en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos 2021"

Autores:

Longa Solon, Julio Cesar  
Lizarbe Palacios, Curth

ENCUESTA		APLICA	NO APLICA
1	¿El tránsito a excesiva velocidad de vehículos influye de manera negativa en la conservación del pavimento?	X	
2	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del tránsito de vehículos pesados?	X	
3	¿La congestión vehicular producida en la vía afecta el deterioro de la infraestructura vial?	X	
4	¿El libre tránsito es afectado directamente por los desniveles presentes en la vía?	X	
5	¿El deterioro del pavimento en esta vía está causada debido a que no se realizaron los estudios de suelo?	X	
6	¿El deterioro del pavimento en esta vía es por consecuencia de un mal estudio de afluencia vehicular?	X	
7	¿Un mal dimensionamiento de las capas de la infraestructura puede ser causante del deterioro del pavimento?	X	
8	¿Considera que el diseño del espacio de la vía influye de manera negativa a el deterioro del pavimento?	X	
9	¿El deterioro del pavimento es causa de que en el proceso constructivo se contrató mano de obra inexperta?	X	
10	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de ingenieros sin experiencia en infraestructura vial?	X	
11	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de falta de mantenimiento en la vía?	X	
12	¿La mala compactación de las capas presentes en la infraestructura es causa del deterioro del pavimento?	X	
13	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del uso de materiales de mala calidad en el proceso constructivo?	X	

Apellidos y Nombre: Bujanda Valdivia Juan Carlos  
DNI: 29315854

Firma del Experto Validador



Título de Tesis: "Evaluación superficial de la condición del pavimento flexible y el método del PCI en la Av. Alameda del Premio Real, Chorrillos 2021"

Autores:  
Longa Solon, Julio Cesar  
Lizarbe Palacios, Curth

ENCUESTA		APLICA	NO APLICA
1	¿El tránsito a excesiva velocidad de vehículos influye de manera negativa en la conservación del pavimento?	X	
2	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del tránsito de vehículos pesados?	X	
3	¿La congestión vehicular producida en la vía afecta el deterioro de la infraestructura vial?	X	
4	¿El libre tránsito es afectado directamente por los desniveles presentes en la vía?	X	
5	¿El deterioro del pavimento en esta vía está causada debido a que no se realizaron los estudios de suelo?	X	
6	¿El deterioro del pavimento en esta vía es por consecuencia de un mal estudio de afluencia vehicular?	X	
7	¿Un mal dimensionamiento de las capas de la infraestructura puede ser causante del deterioro del pavimento?	X	
8	¿Considera que el diseño del espacio de la vía influye de manera negativa a el deterioro del pavimento?	X	
9	¿El deterioro del pavimento es causa de que en el proceso constructivo se contrató mano de obra inexperta?	X	
10	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de ingenieros sin experiencia en infraestructura vial?	X	
11	¿El deterioro del pavimento podría ser consecuencia de falta de mantenimiento en la vía?	X	
12	¿La mala compactación de las capas presentes en la infraestructura es causa del deterioro del pavimento?	X	
13	¿El deterioro del pavimento es por consecuencia del uso de materiales de mala calidad en el proceso constructivo?	X	

Apellidos y Nombre: Céspedes Sánchez, Hualdimir Memoración  
DNI: 09379729

  
Ing Hualdimir Memoración Céspedes  
DIP 100099  
Firma del Experto Validador

e. **Confiabilidad del instrumento para la evaluación superficial mediante el método del PCI mediante el SPSS, alfa de Cronbach**

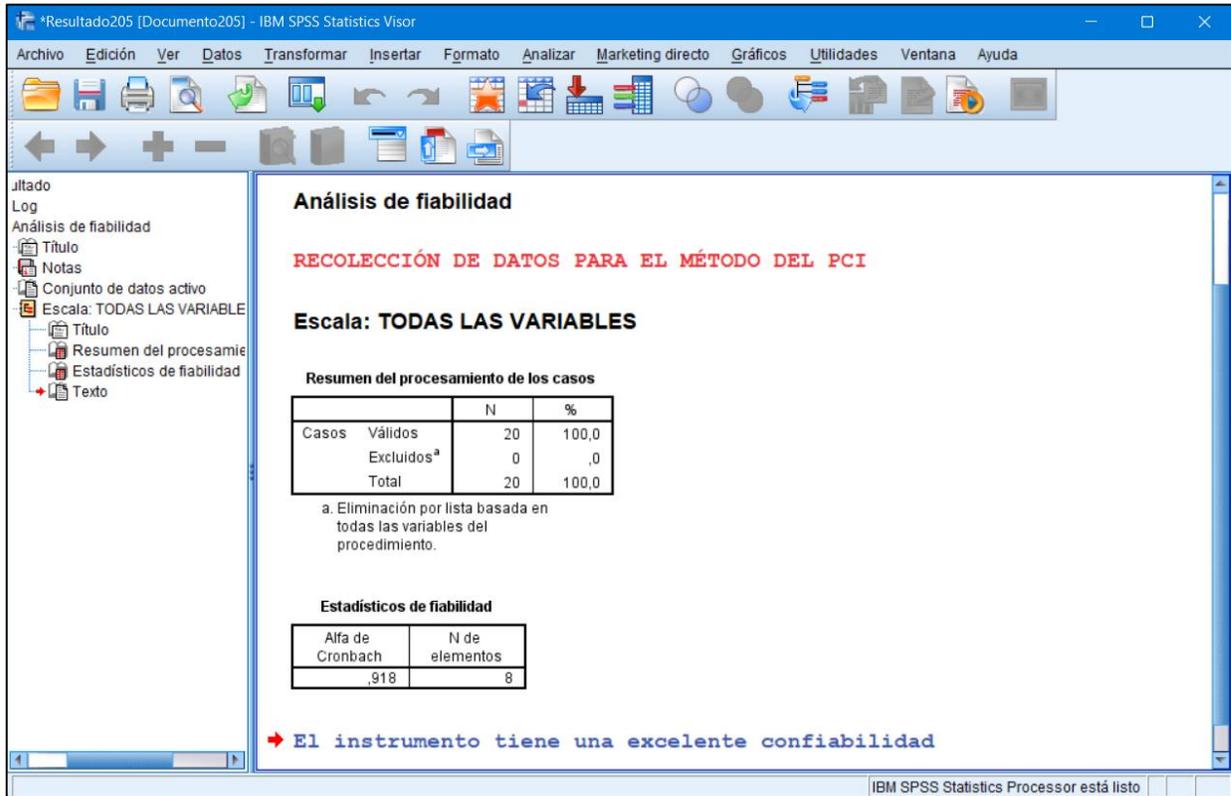


Figura 23 Confiabilidad del instrumento de la variable dependiente Alfa de Cronbach

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un alfa de Cronbach de 0.918 lo cual nos indica que el instrumento tiene una excelente confiabilidad

f. **Confiabilidad del instrumento para la evaluación estructural mediante el ensayo de la Viga de Benkelman mediante el SPSS, alfa de Cronbach**

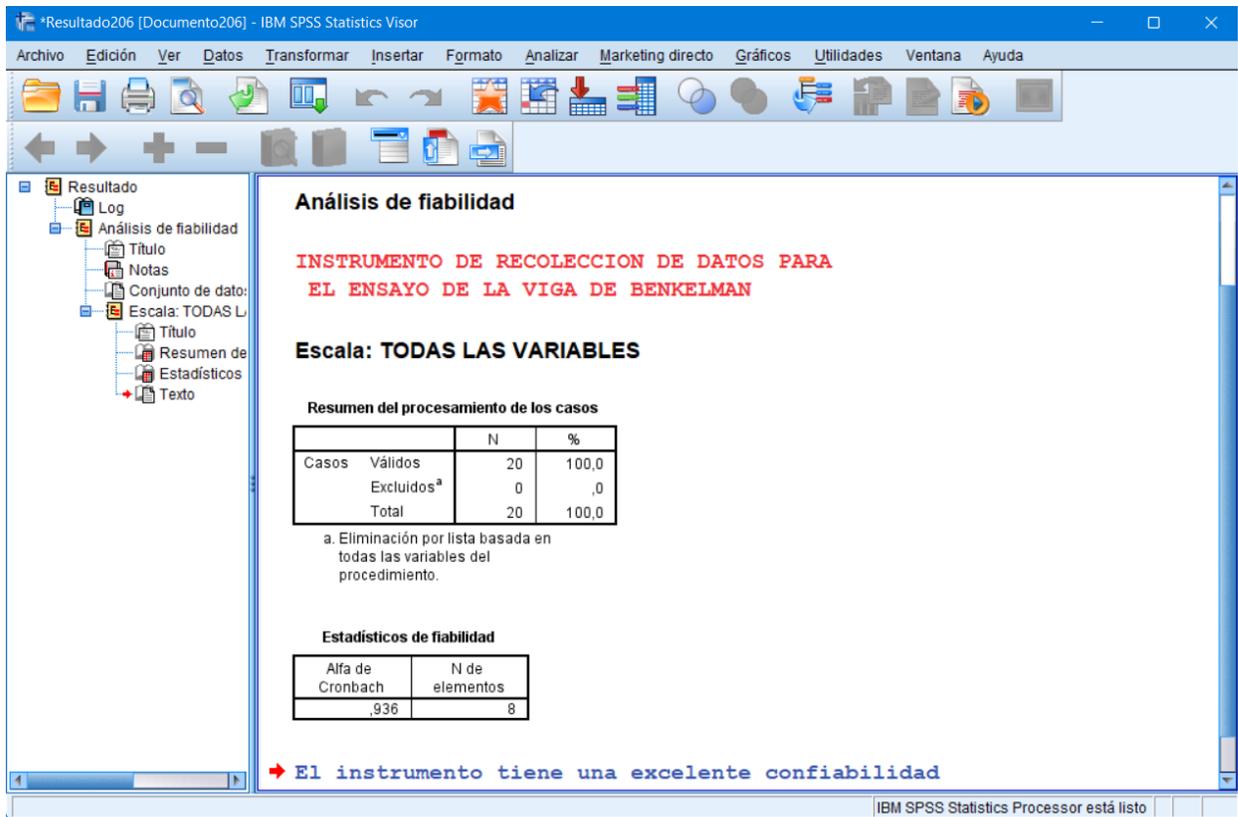


Figura 24 Confiabilidad del instrumento de la variable dependiente Alfa de Cronbach

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un alfa de Cronbach de 0.936 lo cual nos indica que el instrumento tiene una excelente confiabilidad



**h. Panel fotográfico de fallas encontradas por el método del PCI**





















