

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y  
PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN**

**HUALLAGA, HUANUCO-2023**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS:**

**AYALA AMBICHO, Luz Yudith**

**HUACHO SUSANIVAR, Inés**

**ASESOR:**

**Mg. ALCEDO DIAZ, Charles Jiammy**

**HUÁNUCO-PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mi madre, quien me ha brindado un apoyo incondicional desde el inicio. También quiero expresar mi agradecimiento a mi hermano y otros familiares, ya que, gracias a ellos y su apoyo, pude alcanzar mis metas profesionales. Además, deseo agradecer a Dios por todas sus bendiciones y por haberme brindado una familia, amigos y docentes que me han ayudado a crecer tanto personal como profesionalmente, y a alcanzar las metas que me he propuesto.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento inicialmente a Dios por brindarme la oportunidad de completar exitosamente este proceso de la tesis. Agradezco enormemente a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, ya que sin ellos nada de esto habría sido posible. También quiero mostrar mi gratitud a la universidad por abrirme las puertas y convertirse en mi segundo hogar, proporcionándome las herramientas necesarias para avanzar en mi camino hacia el éxito.

## RESUMEN

La tesis tiene como principal objetivo realizar el análisis comparativo entre las metodologías PCA y AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, para ello primeramente se partió del análisis situacional del malecón Huallaga en donde se tomó 10 muestras para realizar el análisis para ambas metodologías, en donde para conocer el estado situacional del pavimento se empleó la metodología PCI siendo 6 clasificación según el ASTM D6433 que ha fallado el pavimento, en donde las fallas más significativas son grieta lineal se tiene un 26%, desconchamiento, escala y losa dividida se tiene un 17% y el resto de fallas son menores del 10% en todo el malecón Huallaga, una vez calculado el estado situacional se procedió a evaluar el pavimento rígido según la metodologías PCA y AASHTO 93, en donde se empleó los resultados obtenidos de la recolección de datos y también se empleó las tablas de las normativas para el diseño en donde se obtuvo que al realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA, nos resulta un espesor de estructura de pavimento, se siendo el método con menor espesor es el método PCA en comparación con el método AASHTO, lo que demuestra que el análisis más económico y rentable es el método PCA, siendo el espesor de la metodología AASHTO 93 de 23 cm y para la metodología PCA de 20 cm.

**Palabras clave:** PCI, PCA, pavimento rígido, AASHTO 93, fallas estructurales, diseño.



## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to carry out a comparative analysis between the PCA and AASHTO 93 methodologies for the design of the rigid pavement of the Malecón Huallaga, for which we first started with the situational analysis of the Malecón Huallaga where 10 samples were taken to perform the analysis for both methodologies, In order to know the situational state of the pavement, the PCI methodology was used, with 6 classifications according to ASTM D6433 that the pavement has failed, where the most significant failures are linear cracks (26%), spalling, scale and divided slab (17%) and the rest of the failures are less than 10% in the entire Huallaga seawall, Once the situational state was calculated, we proceeded to evaluate the rigid pavement according to the PCA and AASHTO 93 methodologies, where we used the results obtained from the data collection and also used the tables of the regulations for the design where it was obtained that when performing the comparative analysis between the AASHTO 93 and PCA methodologies, The thickness of the pavement structure is the lowest thickness of the PCA method compared to the AASHTO method, which shows that the most economical and cost-effective analysis is the PCA method. The thickness of the AASHTO 93 methodology is 23 cm and for the PCA methodology it is 20 cm.

**Keywords:** PCI, PCA, rigid pavement, AASHTO 93, structural failure, design.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1    Fundamentación o situación del problema de investigación.....	14
1.2    Formulación del problema de investigación general y específicos .	15
1.2.1    Problema General .....	15
1.2.2    Problemas Específicos.....	15
1.3    Formulación del objetivo general y específicos .....	15
1.3.1    Objetivo General .....	15
1.3.2    Objetivos Específicos .....	16
1.4    Justificación .....	16
1.5    Limitaciones.....	17
1.6    Formulación de hipótesis general y específica .....	17
1.6.1    Hipótesis General.....	17
1.6.2    Hipótesis Especifico .....	17
1.7    Variables.....	18
1.7.1    Variable independiente.....	18
1.7.2    Variable dependiente .....	18
1.8    Definición teórica y operacionalización de variables.....	18

CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO .....	19
2.1    Antecedentes.....	19
2.1.1    Antecedentes internacionales .....	19
2.1.2    Antecedentes nacionales .....	21
2.1.3    Antecedentes locales .....	23
2.2    Bases teóricas .....	23
2.2.1    Métodos de diseño de pavimento rígido.....	23
2.2.2    Método PCA para pavimentos sin refuerzo.....	24
2.2.3    Método AASHTO para pavimentos sin refuerzo .....	30
2.2.4    Las juntas en los pavimentos rígidos .....	41
2.2.5    Estudio de los suelos para diseño de pavimentos .....	43
2.2.6    Costos de construcción .....	46
2.3    Bases conceptuales o definición de términos básicos.....	48
CAPÍTULO III.....	50
METODOLOGÍA .....	50
3.1    Población y selección de la muestra.....	50
3.1.1    Población .....	50
3.1.2    Muestra .....	50
3.2    Nivel, tipos y diseño de investigación .....	50
3.2.1    Enfoque.....	50

3.2.2	Alcance o nivel .....	50
3.3.3	Diseño .....	51
3.3	Métodos, técnicas e instrumentos .....	51
3.3.1	Para la recolección de datos .....	51
3.3.2	Para la presentación de datos.....	52
3.4	Procedimiento.....	52
3.5	Consideraciones éticas.....	52
CAPÍTULO IV.....		53
RESULTADOS.....		53
4.1	Análisis de falla del pavimento rígido.....	53
4.2	Análisis según el tipo de falla.....	61
4.3	Propuestas de soluciones según el ASTM D6433.....	71
4.4	Análisis del pavimento según el PCA .....	72
4.5	Análisis del pavimento según el AASHTO 93 .....	79
CAPÍTULO V.....		87
DISCUSIÓN.....		87
5.1	Presentar la contrastación de los resultados del trabajo de investigación.....	87
CONCLUSIONES .....		90
RECOMENDACIONES.....		91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		92

ANEXOS:.....	95
ANEXO N°1: Consentimiento informado.....	96
ANEXO N°2: Instrumentos de recolección de datos .....	98
ANEXO N°3: Matriz de consistencia .....	97
ANEXO N°4: Plano de ubicación y localización del proyecto .....	106
ANEXO N°5: Ficha de las metodologías VIZIR y PCI.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Tipos de pavimentos de concreto .....	24
<b>Figura 2</b>	Posición crítica de las cargas método de diseño PCA.....	28
<b>Figura 3</b>	Posición crítica de las cargas para el análisis de erosión.....	29
<b>Figura 4</b>	Nomograma para determinar el módulo de reacción.....	37
<b>Figura 5</b>	Nomograma de diseño AASHTO 93.....	40
<b>Figura 6</b>	Análisis de la curva de falla de piel de cocodrilo .....	56
<b>Figura 7</b>	Abaco de corrección de CDV, muestra 7 .....	57
<b>Figura 8</b>	Análisis de la curva de falla de hundimiento.....	59
<b>Figura 9</b>	Abaco de corrección de CDV, muestra 3 .....	60
<b>Figura 10</b>	Análisis de la falla de piel de cocodrilo.....	62
<b>Figura 11</b>	Análisis de la falla de agrietamiento en bloque.....	62
<b>Figura 12</b>	Análisis de la falla de depresión .....	63
<b>Figura 13</b>	Análisis de la falla de grieta de borde.....	64
<b>Figura 14</b>	Análisis de la falla de grieta longitudinal y transversal.....	64
<b>Figura 15</b>	Análisis de la falla de parcheo .....	65
<b>Figura 16</b>	Análisis de la falla de Huecos.....	66
<b>Figura 17</b>	Análisis de la falla de ahuellamiento .....	66
<b>Figura 18</b>	Análisis de la falla de desprendimiento de agregados .....	67
<b>Figura 19</b>	Análisis de la severidad baja .....	68
<b>Figura 20</b>	Análisis de la severidad media .....	69
<b>Figura 21</b>	Análisis de la severidad alta .....	70
<b>Figura 22</b>	Análisis de la con los tipos de falla .....	71
<b>Figura 23</b>	Correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante .....	72
<b>Figura 24</b>	Valores de K, para subbase no tratadas .....	72
<b>Figura 25</b>	Proporción de camiones en el carril derecho.....	73
<b>Figura 26</b>	Esfuerzo equivalente (eje simple / eje tándem) .....	74
<b>Figura 27</b>	Factor de erosión – juntas con dowels.....	75
<b>Figura 28</b>	Diseño de pavimento rígido con el método del PCA .....	76
<b>Figura 29</b>	Análisis por fatiga.....	77
<b>Figura 30</b>	Análisis por erosión .....	78
<b>Figura 31</b>	Grado de confiabilidad del diseño .....	80
<b>Figura 32</b>	Valores de desviación estándar normal (Zr).....	81

<b>Figura 33</b>	Correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante .....	82
<b>Figura 34</b>	Valores de calidad de drenaje .....	83
<b>Figura 35</b>	Diseño de pavimento rígido según AASHTO 93- Excel.....	84
<b>Figura 36</b>	Diseño de pavimento rígido según AASHTO 93- software .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Sistema de variables-dimensiones e indicadores. ....	18
<b>Tabla 2</b>	Módulo de reacción.....	26
<b>Tabla 3</b>	Formato para la verificación del espesor de tanteo.....	30
<b>Tabla 4</b>	Número de repeticiones acumuladas.....	33
<b>Tabla 5</b>	Valores recomendados .....	34
<b>Tabla 6</b>	Índice de Serviciabilidad.....	35
<b>Tabla 7</b>	Valores recomendados de resistencia del concreto.....	36
<b>Tabla 8</b>	Factor de pérdida de apoyo LS.....	38
<b>Tabla 9</b>	Coefficiente de transferencia de carga. ....	39
<b>Tabla 10</b>	Coefficiente de drenaje.....	39
<b>Tabla 11</b>	Condiciones variables del Proctor Estándar.....	44
<b>Tabla 12</b>	Condiciones variables del Proctor Modificado.....	45
<b>Tabla 13</b>	IMD estudio de trafico .....	53
<b>Tabla 14</b>	Resumen de las fallas de muestras .....	54
<b>Tabla 15</b>	Inspección de la muestra 7 .....	55
<b>Tabla 16</b>	Cálculo del PCI, muestra - 7 .....	56
<b>Tabla 17</b>	Cálculos corregidos de CDV, muestra 7 .....	57
<b>Tabla 18</b>	Inspección de la muestra 3 .....	58
<b>Tabla 19</b>	Cálculo del PCI, muestra - 3 .....	59
<b>Tabla 20</b>	Cálculos corregidos de CDV, muestra 3.....	60
<b>Tabla 21</b>	Resumen de las fallas de muestras .....	71
<b>Tabla 22</b>	Valores recomendados de resistencia del concreto.....	79
<b>Tabla 23</b>	Variación de coeficiente de capa de subbase granular.....	80
<b>Tabla 24</b>	Matriz de consistencia.....	97



## INTRODUCCIÓN

En la presente tesis tiene como finalidad principal realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el análisis de la estructura del pavimento rígido del malecón Huallaga, en donde primeramente se evaluará el estado situacional en la que se encuentra el malecón Huallaga, **es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente, para poder realizar un buen diseño del pavimento a medida de las fallas funcionales encontradas en la vía.**

Capítulo 1: En este capítulo se abordará la descripción detallada de la problemática investigada, la formulación de los problemas y los objetivos planteados.

Capítulo 2: En esta sección se explorarán los conceptos teóricos utilizados en la investigación, así como los antecedentes nacionales, internacionales y locales que sirven como punto de partida para el estudio.

Capítulo 3: En este apartado se examinarán aspectos como la población y muestra de investigación, el enfoque adoptado, el alcance y diseño del estudio.

Capítulo 4: en este punto se verá los resultados, se partirá de los datos recolectado de campo para posteriormente analizarlos mediante las metodologías PCA y AASHTO 93.

Capítulo 5: en este capítulo se presentará la contrastación de los resultados obtenido en el análisis y también las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Fundamentación o situación del problema de investigación

Actualmente en región de Huánuco, más del 70% de las aceras dentro del perímetro urbano se encuentran en mal estado y un aproximado del 30% en buen o normal estado. Asfalto de mala calidad y pavimento duro, en proceso de deterioro estructural por causas relacionadas con el uso, lluvia, tráfico pesado, diseño y construcción, afectando a los vecinos que se desplazan entre zonas de una misma zona de Huánuco. Por razones de comodidad, seguridad y funcionalidad, estos defectos están presentes en todo el camino y son visibles a simple vista en capas asfálticas o duras, como piel de cocodrilo, exudación, fisuras en bloque, fisuras longitudinales, desprendimientos y peladuras, ahuellamiento, fisuras transversales. (Suarez, 2018).

En la zona de Huánuco se eligió el pavimento más desfavorable y con mayor número de fallas antes mencionada, el Jr. Malecón Huallaga, donde una superficie dura es una serie de defectos que no se pueden prevenir y/o reparar con mantenimiento, es decir, la superficie se encuentra en un estado inaceptable, mal recibido para el tránsito de vehículos, la comodidad de los pasajeros y de los residentes de la zona. Por todo ello se plantea realizar la presente investigación con la finalidad de analizar cuál de las metodologías AASHTO 93 y PCA mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga.

## **1.2 Formulación del problema de investigación general y específicos**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?
- ¿Cómo determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?
- ¿Cómo determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?

## **1.3 Formulación del objetivo general y específicos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.
- Determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.
- Determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.

### **1.4 Justificación**

La presente investigación se justifica en la necesidad de tener una mejor transitabilidad de vehículos en la pista del jr. Malecón Huallaga de la zona de Huánuco, cuenta con un diagnóstico de daños por medio del método PCI, cuyos resultados se obtienen de esta prueba, tales como el grado de daño en el pavimento, el grado de severidad y cantidad de daños en el pavimento. Dado que estos resultados incluyen una gran cantidad de daños y deterioros que ocurren durante esta inspección del pavimento, este tipo de intervención debe abordar la dificultad del tipo de daño del pavimento y su extensión para mejorar la movilidad de los vehículos. Estos resultados nos ayudarán a diseñar estructuras de pavimento rígido utilizando los métodos AASHTO 93 y PCA para mejorar la estructura y brindar más comodidad a los usuarios, evitando así diversos daños, especialmente los daños causados por un diseño inadecuado.

## **1.5 Limitaciones**

En cuanto a la limitación de la investigación se desarrollará solo en pavimentos rígidos en la zona urbana del distrito de Huánuco aplicando el método AASHTO 93 y PCA para mejorar la estructura y brindar más comodidad a los usuarios.

## **1.6 Formulación de hipótesis general y específica**

### **1.6.1 Hipótesis General**

En el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA, la metodología PCA es más viable que la AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.

### **1.6.2 Hipótesis Especifico**

- El identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.
- El determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.
- El determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.

## 1.7 Variables

### 1.7.1 Variable independiente

Metodologías AASHTO 93 Y PCA

### 1.7.2 Variable dependiente

Pavimento rígido

## 1.8 Definición teórica y operacionalización de variables

**Tabla 1**  
*Sistema de variables-dimensiones e indicadores.*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. independiente</b>	AASHTO 93	Condición del pavimento	Cuantitativa.	Discreta
		Estudio de mecánica de suelos		
<b>Metodologías AASHTO 93 Y PCA</b>	PCA	Estudio hidrológico		
		Volumen de tráfico		
		Condición del pavimento		
		Estudio de mecánica de suelos		
		Estudio hidrológico		
		Volumen de tráfico		
<b>V. dependientes</b>	Diseño de pavimento rígido	Tráfico pesado	Cuantitativa.	Discreta.
<b>Pavimento rígido</b>		Tráfico moderado		
		Tráfico leve		
		Evaluación económica		

*Fuente: Elaborado por el tesista*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Barriga (2018), en su tesis titulado: “*Evaluación de la variabilidad de los costos de un pavimento rígido mediante el análisis de presupuestos de obra - caso de estudio: proyecto “vías por la paz” comparando la metodología AASHTO Y PCA*”, publicado por la Universidad de la Costa, el propósito es proporcionar una guía clara y concisa sobre qué factores tienen el mayor impacto en los costos de pavimentación. Los resultados obtenidos con las mismas variables se compararon directamente para un mejor análisis utilizando los métodos AASHTO 93 (American Association of Highway and Traffic Officials) y PCA (Portland Cement Association) para la superficie de carretera dura. En estas comparaciones, hay algunas variables comunes como: el movimiento inicial obtenido de la medición realizada en las carreteras evaluadas y las proyecciones de los vehículos registrados inicialmente, la capacidad de carga del suelo CBR (California Bearing Ratio) obtenida de muestreos y pruebas anteriores y algunas otras variables como criterios de fatiga y erosión, utilizados principalmente en el método PCA.

Coy (2018), en su tesis titulado: “*Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a a 53c comparando los métodos VIZIR Y PCT*”, publicado por la Universidad Militar de Granada, se propuso

evaluar superficialmente el estado del pavimento flexible utilizando las metodologías de PCI y VIZIR. El enfoque de la investigación fue aplicado y descriptivo, y se seleccionaron como objeto de estudio las vías ubicadas entre las carreteras 52a y 53c. Los datos se recolectaron mediante fichas de observación. Los resultados obtenidos indicaron que, según la metodología PCI, la calidad de la vía fue evaluada en 0.65, clasificada como buena, mientras que con el método VIZIR se obtuvo una calificación de dos, también correspondiente a un pavimento en buen estado. Se concluyó que las reparaciones necesarias para mejorar las condiciones del pavimento debían complementarse con la auscultación y la detección de fallas estructurales.

Amaya y Rojas (2018), en su tesis titulado: *“Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá”*, publicado por la Universidad Santo Tomás, se propusieron desarrollar un análisis comparativo utilizando las metodologías VIZIR y PCI en un conjunto específico de vías. El enfoque de la investigación fue aplicado, con un diseño no experimental, y se seleccionaron las calles de las vías 26 y calle 93a como objeto de estudio. Los datos se recolectaron mediante una ficha de observación. Los resultados obtenidos indicaron que, según la metodología PCI, la calidad de las vías se evaluó en 0.45, mientras que con la metodología VIZIR se obtuvo una calificación de un punto. Los autores concluyeron que las fallas observadas en las vías presentaban



características de "piel de cocodrilo" y fallas longitudinales, lo que sugiere un mantenimiento deficiente por parte de la entidad municipal.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Solano (2021), en su tesis titulado: *“Análisis comparativo del diseño de espesor de la capa de rodadura de pavimentos rígidos según las metodologías AASHTO 93 y PCA 84”*, publicado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Este artículo presenta una comparación teórica y técnica de los métodos AASHTO 93 y PCA 84 para calcular el espesor de la capa de desgaste del pavimento duro. El aprendizaje del método de diseño de pavimentos es necesario para obtener el diseño correcto que cumpla con los estándares de calidad adecuados, de acuerdo con los requisitos de cada vía diseñada. Al mismo tiempo, se revelan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. La comparación teórica muestra que, a pesar de que ambos métodos tienen en cuenta parámetros muy similares, resulta que el espesor obtenido por el método AASHTO 93 es mayor que el obtenido por el método PCA y por tanto AASHTO 93 puede considerarse más conservador. y PCA 84 más económico. Sin embargo, la norma peruana E.050 de Suelos y Sustratos especifica tanto métodos de diseño de pavimentos rígidos, como el método analizado en el estudio, por lo que ambos métodos pueden ser utilizados de manera adecuada dependiendo de las características de cada método.

Sierra (2020), en su tesis titulado: *“Comparación entre metodología AASHTO y PCA en el diseño de pavimento rígido en la Av. Ejército, Andahuaylas - Apurímac, 2020”*, publicado por la Universidad Cesar Vallejo,

el objetivo principal es comparar los métodos AASHTO y PCA en el diseño de pavimento duro y realizar el cálculo del diseño de pavimento duro según el método AASHTO, obtener un espesor de 19 cm y utilizando el método PCA se determina el espesor es de 24 cm , el análisis de los espesores obtenidos por estos dos métodos muestra que el espesor calculado por el método AASHTO es menor. Este es el por qué; el costo de construcción del pavimento es más bajo que el costo del método PCA. Por otro lado, el diseño estructural del pavimento mediante el método PCA corresponde al análisis de erosión y fatiga, ya que su espesor es de 24 cm. Al mismo tiempo, esta técnica asegura un análisis de vida más conveniente y detallado. El método AASHTO no es adecuado para estas pruebas.

Minchán (2019), en su tesis titulado: “*Análisis comparativo de estructuras de pavimento rígido mediante métodos de diseño AASHTO y PCA aplicado en una vía pública, Cajamarca - 2019*”, publicado por la Universidad Privada del Norte, se propuso evaluar mediante el análisis de estos dos métodos, el espesor del pavimento según el método AASHTO es menor que el del método PCA, es decir; Menor costo de construcción de losas de pavimento. Sin embargo, se elegirá el cálculo PCA como el mejor método porque el espesor de 23 cm es adecuado para los cálculos de fatiga y erosión y el espesor de 19 cm por el método AASHTO no es adecuado para estos análisis, a pesar de que la línea tiene poco tráfico de vehículos. PCA garantiza un análisis de espesor de panel más conveniente y detallado a lo largo de la vida útil del recubrimiento.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

Cotrina (2020), en su tesis titulado: “*Aplicación del método PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para evaluar pavimentos flexibles en la progresiva 46+600- 51+600, Yanahuanca- Cerro De Pasco 2019*”, publicado por la Universidad de Huánuco, tuvo como objetivo determinar el nivel de degradación del pavimento flexible en la localidad de Cerro de Pasco, específicamente en la progresiva 46+600-51+600, utilizando la metodología PCI. La investigación se llevó a cabo a nivel descriptivo y con un enfoque aplicado, utilizando una muestra de 45 unidades de muestreo y recolectando datos mediante una ficha de observación. Los resultados revelaron que el 17,47% del tramo de la vía analizada presentó "piel de cocodrilo" como una característica de degradación, lo que destacó un coeficiente de PCI con valor de 49,1.

## **2.2 Bases teóricas**

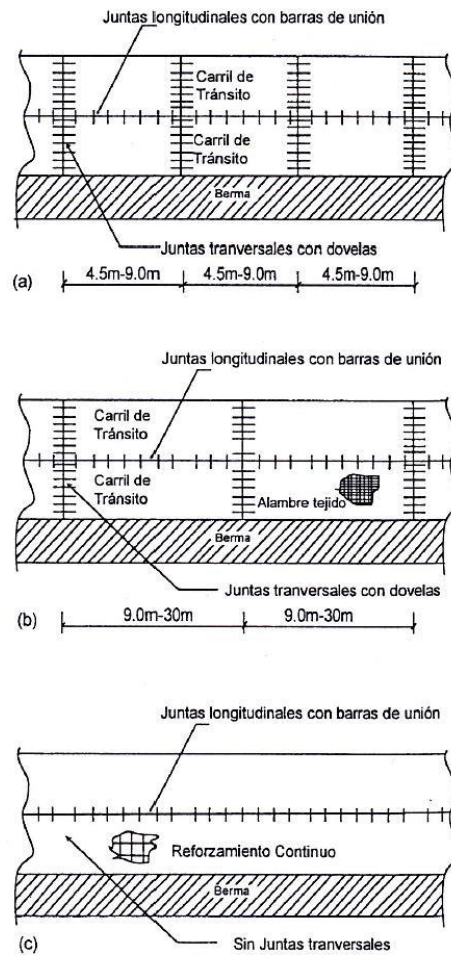
### **2.2.1 Metodología para el diseño del pavimento rígido**

El pavimento duro se utiliza principalmente en las principales carreteras y aeropuertos. Las losas de hormigón deben diseñarse para resistir las cargas del tránsito y evitar la falla por fatiga del pavimento debido a las cargas repetidas.

Los pavimentos duros pueden diseñarse para una vida útil de 15 a 20 años, pero su vida útil de diseño puede ser de 30 a 40 años. Además de las cargas de transporte, se debe tener en cuenta el efecto de los gradientes de temperatura sobre los esfuerzos de tracción que pueden provocar la falla del hormigón por baja resistencia a la tracción. Este problema generalmente se resuelve

dimensionando adecuadamente las placas en el dibujo considerando el espaciamiento de las barras de refuerzo para el control de grietas y el espaciado de grietas, y diseñando los mecanismos de transmisión del peso en las placas (Minchán, 2014).

**Figura 1**  
Tipos de pavimentos



Fuente: Minchán, 2014.

### 2.2.2 Metodología PCA para pavimentos sin refuerzo

La metodología Portland Cement Association (PCA) para calcular el espesor de caminos, reemplazando el procedimiento publicado en 1966. Este procedimiento se puede aplicar a pavimentos de concreto. pavimento de

hormigón (JRCP) y pavimento de hormigón armado continuo (CRCP). Los criterios de diseño se basan en el diseño general del pavimento, el desempeño y la experiencia de prueba, incluidos los enlaces al desempeño del pavimento de la Prueba de autopista AASHTO y la Prueba de daños al pavimento. Los problemas de diseño pueden resolverse manualmente utilizando algún tipo de programa informático (Minchán, 2014).

#### Procedimiento de diseño

Minchán (2014) indica que el procedimiento de cálculo de pavimento duro utilizando el método PCA es el siguiente:

- Determinar el módulo de resistencia a la fisuración del hormigón a los 28 días.

- Indicar distribución de carga axial.

- Calcular el número esperado de iteraciones.

#### a) Tipo de conexión y terraplén

El primer paso es determinar el tipo de conexión, que puede ser sin clavijas o con clavijas. Para losas de más de 6 pulgadas de espesor, se recomiendan pasadores en las juntas transversales. También es necesario determinar el tipo de terraplén a colocar, puede ser de hormigón o asfalto. Los salientes de hormigón proporcionan una mejor continuidad del pavimento y permiten mayores cargas en los bordes, pero son más caros que los bordillos de asfalto, por lo que este aspecto debe abordarse en las primeras etapas del proceso de diseño.

#### b) El módulo de fractura del hormigón.

La resistencia a la flexión se da a los 28 días de edad con cargas de viga ensayadas en el tercio medio de la norma ASTM C 78. Las propiedades de prueba se detallan en la sección Concreto hidráulico.

c) Módulo de reacción de sustrato

El módulo de respuesta del sustrato variará dependiendo del espesor del sustrato colocado sobre el pavimento, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
*Módulo de reacción*

<b>Efecto de una subbase granular en el valor de k</b>				
<b>Valor de k de la subrasante</b>	<b>valores de k de la subbase (pci)</b>			
	<b>4 pulg</b>	<b>6 pulg</b>	<b>9 pulg</b>	<b>12 pulg</b>
<b>50</b>	65	75	85	110
<b>100</b>	130	140	160	190
<b>200</b>	220	230	270	320
<b>300</b>	320	330	370	430

<b>Valores de diseño de k para bases tratados con cemento</b>				
<b>Valor de k de la subrasante</b>	<b>valores de k de la subbase (pci)</b>			
	<b>4 pulg</b>	<b>6 pulg</b>	<b>9 pulg</b>	<b>12 pulg</b>
<b>50</b>	170	230	310	390
<b>100</b>	280	400	520	640
<b>300</b>	470	640	830	-

*Fuente: Minchán, 2014*

d) Factor de carga de seguridad

Cada carga por eje se multiplicará por el Factor de Seguridad de Carga (LSF) de acuerdo con las siguientes instrucciones:

- LSF = 1.2 para proyectos interestatales y de varios carriles con tráfico constante y camiones pesados.

- LSF = 1.1 para carreteras y arterias viales con tráfico moderado de camiones.

- LSF = 1,0 para autopistas, vías residenciales y otras calles de poco tráfico.

e) Distribución de carga del eje

Los ejes se dividen en ejes simples, paralelos y triples, luego se agrupan cada 2 mil. libras para ejes simples y cada 4 mil libras.

f) Número de repeticiones de eje permitidas

- Para cada carga a lo largo del eje  $i$ , se obtiene la carga repetidora admisible  $N_i$  tanto para fatiga como para erosión.

- Calcular el daño total  $D$ . Si  $D$  es mayor que uno, elija un grosor mayor, repita los pasos anteriores.

- El grosor de la masa es el justo.

*Criterios de falla*

*Análisis de fatiga*

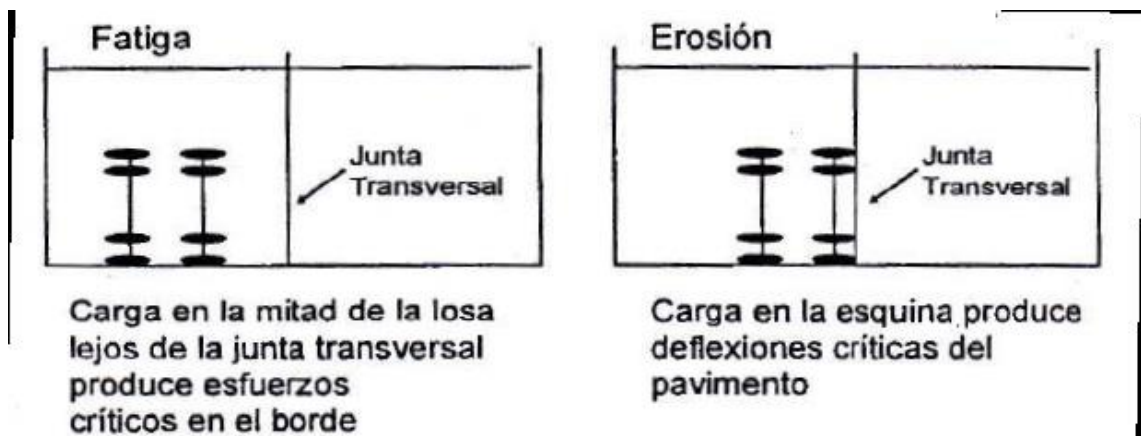
El criterio de falla por fatiga corresponde a la tensión de tracción generada por la carga de borde. Se utilizó una expresión desarrollada por Miners para acumular daños por fatiga. El espesor de diseño es el espesor en el que el desgaste por fatiga total no debe exceder el 100%. Se determina el factor de tensión equivalente y se ingresan el espesor de la placa y el módulo de reacción complejo en la tabla de cálculo. El espesor de diseño de acuerdo con la resistencia a la fatiga de la placa se implementa para controlar el agrietamiento por fatiga. El diseño se basa en tensiones de borde críticas con la carga aplicada centrada a lo largo del borde exterior. Debe tenerse en cuenta la presencia de salientes de hormigón, ya que esto reduce significativamente las tensiones

críticas en los bordes. El análisis de diseño se basa en el concepto de error acumulativo que se define de la siguiente manera:

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i}$$

El análisis de fatiga generalmente controla el diseño de pavimentos de baja masa, ya sean machihembrados o no. El análisis de erosión normalmente controla el diseño de pavimentos de tráfico medio a pesado con juntas sin remaches y pavimentos de tráfico alto con juntas en cuña.

**Figura 2**  
Posición crítica de las cargas del método PCA



Fuente: Minchán, 2014.

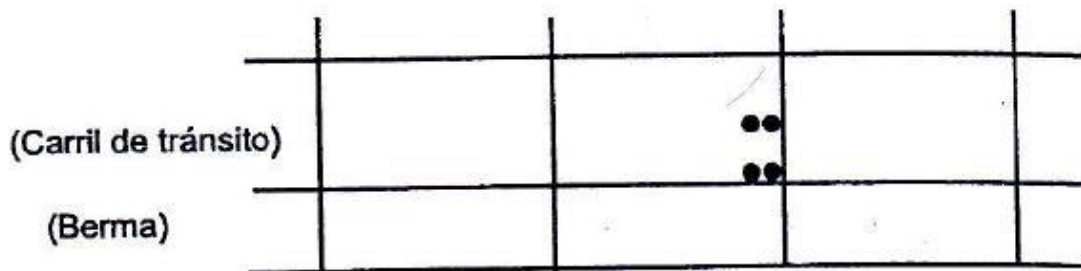
#### *Análisis de erosión*

El análisis de erosión PCA para pavimento rugoso está diseñado para proteger el terraplén y la erosión del terraplén del bombeo y la pérdida de partículas finas. Se considera que la deformación crítica está en el ángulo que se muestra en la siguiente figura. La presencia de tuercas y espárragos en las



juntas afectará el espesor de la estructura. El mismo concepto de error acumulativo se aplica de la misma manera que en el análisis de fatiga.

**Figura 3**  
*Posición crítica de las cargas de erosión*



*Fuente: Minchán, 2014.*

### *Tanteos de espesor*

La siguiente figura muestra el formato de control de espesor para la operación de ejes, desglosado por tipo (simple, paralelo y triaxial).

**Tabla 3**  
*Formato para la verificación del espesor de tanteo*

		ANÁLISIS DE FATIGA			ANÁLISIS DE EROSIÓN	
CARGA POR EJE (Kn)	CARGA POR EJE x Fsc	NÚMERO REPETICIONES ESPERADAS	NÚMERO REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO DE FATIGA (%)	NÚMERO ADMISIBLE DE REPETICIONES	DAÑO POR EROSIÓN (%)
1	2	3	4	5	6	7
EJES SENCILLOS		<b>Esf. Equivalente:</b>			<b>Factor de erosión</b>	
		<b>Factor de relación de esfuerzos:</b>				
EJES TÁNDEM		<b>Esf. Equivalente:</b>			<b>Factor de erosión</b>	
		<b>Factor de relación de esfuerzos:</b>				
EJES TRIDEM		<b>Esf. Equivalente:</b>			<b>Factor de erosión</b>	
		<b>Factor de relación de esfuerzos:</b>				
TOTAL				TOTAL		

*Fuente: Minchán, 2014.*

### Espesor final

El espesor del pavimento es correcto si el desgaste por fatiga y el daño por erosión es del 100% o menos. Si el espesor a probar no cumple con los requisitos establecidos, el procedimiento debe repetirse con el valor del espesor de la hoja aumentado en incrementos de 0,5 pulgadas. (Minchán, 2014).

### 2.2.3 Método AASHTO para pavimentos sin refuerzo

Las pautas de diseño de pavimentos duros se desarrollaron al mismo tiempo que las pautas de diseño de pavimentos no rígidos y se publican en las mismas

pautas. El diseño se basa en ecuaciones empíricas derivadas de las pruebas de línea AASHTO, con algunas modificaciones posteriores basadas en la teoría y la experiencia. El proceso de diseño descrito en el Manual de AASHTO (AASHTO, 1993) se desarrolló a partir de los resultados de la prueba en carretera de AASHTO (Consejo de Investigación de Carreteras, 1962). La idea básica es asegurar que la losa sea lo suficientemente gruesa para garantizar niveles adecuados de parámetros de trabajo del pavimento a lo largo de la vida útil del diseño. AASHTO determina el rendimiento del pavimento de acuerdo con el Índice de servicio existente (PSI), que varía de 0 a 5. El PSI del pavimento nuevo es 4.5. Para la superficie de la carretera principal, se considera que la vida útil finaliza cuando  $PSI = 2,5$ . Para carreteras secundarias, se puede utilizar un valor PSI final de 2,0 (Minchán, 2014).

El procedimiento para el cálculo de pavimento duro según el método AASHTO es el siguiente:

- Estimación de la fase de diseño.
- Estimar el tráfico en el periodo de facturación (W18).
- Determinar la fiabilidad R y la desviación estándar total  $S_o$ .
- Configurar el módulo de chorro de tierra efectivo k.
- Determinar la pérdida de rendimiento del proyecto.
- Obtener espesor de chapa D (cuenta o patrón).

a) Plazo de pago

El tiempo de diseño está determinado por las expectativas y requerimientos de la organización o agencia, sin embargo, en el caso de pavimento duro, se debe considerar que el tiempo de diseño debe ser lo más largo posible para que

la solución más rentable y se establece que este debe tener una antigüedad mínima de 20 años.

b) Tránsito del proyecto

El movimiento estimado se expresa como el número de repeticiones de los ejes equivalentes en cada período de cálculo, determinado por el procedimiento descrito en la sección de movimiento. Las Directrices del MTC definen tres tipos de tráfico para un proyecto:

**Tabla 4**  
Número de repeticiones acumuladas

Tipo de tráfico	Tipos tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
Categoría 1: bajo volumen	$T_{P1}$	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
	$T_{P2}$	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
	$T_{P3}$	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
	$T_{P4}$	> 750,000 EE ≤ 1000,000 EE
Categoría 2: volumen medio	$T_{P5}$	> 1000,000 EE ≤ 1500,000 EE
	$T_{P6}$	> 1500,000 EE ≤ 3000,000 EE
	$T_{P7}$	> 3000,000 EE ≤ 5000,000 EE
	$T_{P8}$	> 5000,000 EE ≤ 7500,000 EE
	$T_{P9}$	> 7500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
	$T_{P10}$	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
	$T_{P11}$	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
	$T_{P12}$	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
	$T_{P13}$	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
	$T_{P14}$	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
Categoría 3: volumen alto	$T_{P15}$	> 30'000,000 EE

Fuente: Minchán, 2014.

### c) Confiabilidad

Las pautas de AASHTO incluyen un factor de seguridad de R% en el diseño para tener en cuenta la incertidumbre en las predicciones de carreteras y tráfico. R% indica la probabilidad de que el pavimento diseñado tenga una utilidad mayor que el uso final al final del período de diseño. Los rangos de R% sugeridos por AASHTO son 85 a 99.9%, 80 a 99%, 80 a 95% y 50 a 80% para autopistas interestatales urbanas, autopistas principales y autopistas,

respectivamente, autopistas de recolección y locales. Los rangos respectivos para caminos rurales son 80 a 99.9%, 75 a 95% y 50 a 80%. Desviación estándar total, 50; para características de superficie dura, oscila entre 0,35 y 0,40, siendo generalmente aceptado 0,35.

**Tabla 5**  
*Valores recomendados*

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
<b>Autopista Regional</b>	85 - 99.9	80 - 99.9
<b>Local</b>	80 - 99	75 - 95
<b>Colectoras</b>	80 - 95	50 - 80
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN		
A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29

*Fuente: AASHTO, 1993.*

d) eficaz

Este parámetro representa el nivel de confort de conducción y tiene una escala de 0 a 5; el valor 5 es la mejor condición. En la ecuación de diseño, esto se representa mediante dos valores: tasa de servicio inicial ( $p_0$ ) y tasa de servicio final o final ( $p_t$ ). La diferencia entre los valores de salud inicial y final se ingresa en una ecuación que determina la dispersión, o diferencia entre dos valores ( $\Delta PSI$ ). El valor de  $\Delta PSI$  depende de la calidad de construcción. En la prueba de carretera AASHTO para superficies de concreto se obtuvo un valor de  $p_0 = 4.5$ .

**Tabla 6**  
*Índice de Serviciabilidad*

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL
<b>Po = 4.5 para pavimentos rígidos</b>
<b>Po = 4.2 para pavimentos flexibles</b>
INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
<b>Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes</b>
<b>Pt = 2.0 para caminos de transito menor</b>

*Fuente: AASHTO, 1993.*

e) Propiedades del concreto

El módulo de elasticidad  $E_c$  y el módulo de fractura del concreto a los 28 días  $S_c$  fueron requeridos como parámetros de entrada. De acuerdo con los lineamientos del MTC (Ministerio de Transporte del Perú, 2014).

**Tabla 7**  
Valores recomendados de resistencia del concreto

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia a la Flexo tracción del concreto (Mr)	Resistencia equivalente a la compresión del concreto (f'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
≤ 15'000,000 EE		
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>
≤ 30'000,000 EE		

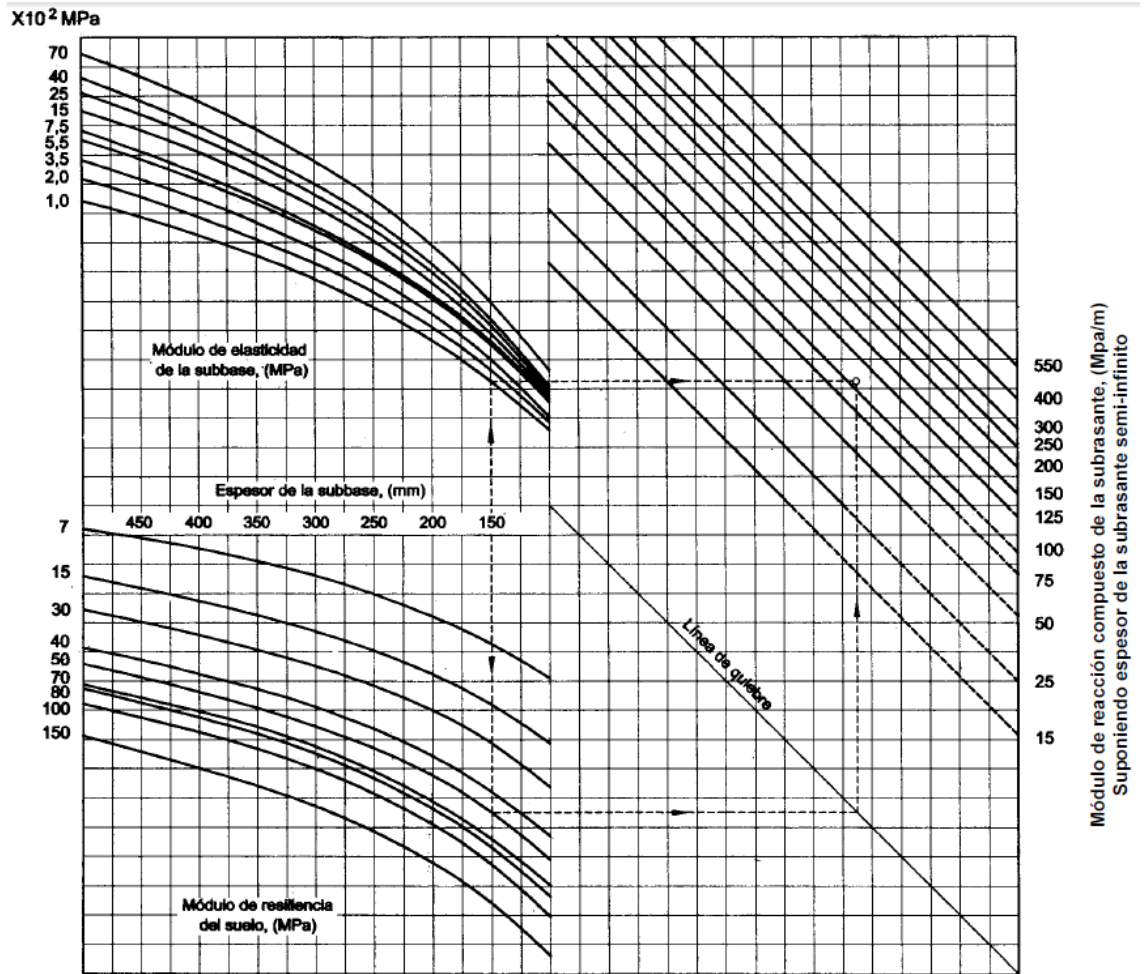
Fuente: Minchán, 2014

f) Sustrato y módulo de reacción de sustrato

El resultado del sustrato es el módulo de elasticidad (Mr), que luego se convierte en el módulo de respuesta del suelo a los cambios durante el año, que luego se corrige por la presencia de la capa subyacente y la presencia del subsuelo. Lecho rocoso si se encuentra a una profundidad de menos de 3 metros. Estos ajustes se realizan utilizando los siguientes gráficos:



**Figura 4**  
 Nomograma para determinar el módulo de reacción



Fuente: AASHTO, 1993.

**Tabla 8**  
Factor de pérdida de apoyo LS

Tipo de material	Pérdida de apoyo (LS)
Base de cemento tratamiento granular (E = 1'000,000 a 2'000,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	0.0 a 1.0
Cemento mezclas de agregado (E = 500,000 a 1'000,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	0.0 a 1.0
Asfalto tratado de base (E = 350,000 a 1'000,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	0.0 a 1.0
Bituminosas estabilizado mezclas (E = 40,000 a 300,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	0.0 a 1.0
Cal estabilizada (E = 20,000 a 70,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	1.0 a 3.0
Sin consolidar los materiales granulares (E = 15,000 a 45,000 (lb/pulg <sup>2</sup> )	1.0 a 3.0
Fine-grained or natural subgrade	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO, 1993.

Según lineamientos del MTC (Ministerio de Transporte del Perú, 2014), los suelos con un CBR igual o superior al 6% deben ser considerados como material apto para subsuelo. Si es menor (suelo malo o suelo inadecuado), se realizará una estabilización de suelos, donde se analizarán alternativas de solución, tales como estabilización mecánica, reposición de subsuelo, estabilización química de suelos, estabilizados por geo sintéticos u otros productos. homologado por ITC, inclinación, cambio de trazado, opción técnica y económicamente más conveniente.

g) Factor de transmisión

El factor de transmisión J es un valor numérico que se incluye para tener en cuenta la eficiencia de transmisión en diferentes diseños de montaje. La

siguiente tabla muestra los valores de J para la condición de pista de prueba. Los valores más bajos están asociados con dispositivos de carga (como pestillos) y brazos.

**Tabla 9**  
Coeficiente de transferencia de carga.

Berma	Asfalto		PCC	
	Si	No	Si	No
Dispositivo de transferencia de carga				
Tipo de pavimento con juntas y refuerzo CRCP	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
	2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA

Fuente: AASHTO, 1993.

#### h) Coeficiente de drenaje

Se incluye un factor de drenaje  $Cd$  en los cálculos de espesor de AASHTO para tener en cuenta los cambios en los requisitos de espesor debido a las diferentes propiedades de drenaje del pavimento y el subsuelo. La condición de prueba para la curva AASHTO considera el valor  $Cd = 1$ .

**Tabla 10**  
Coeficiente de drenaje.

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

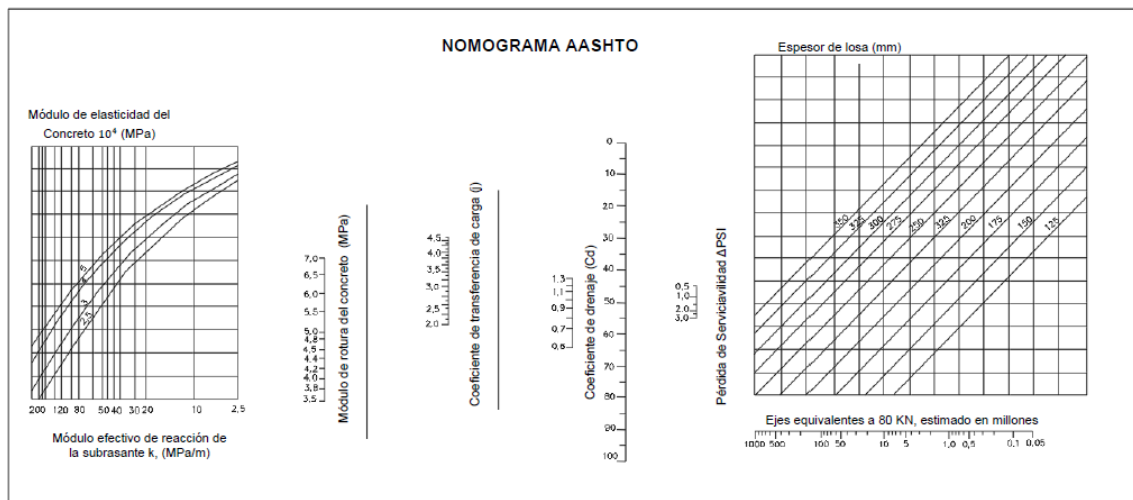
Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO, 1993.

### i) Espesor de losa requerido

El espesor de placa requerido se puede determinar a partir del siguiente nomograma o la fórmula correspondiente. Los factores ambientales, como la expansión de la placa, la expansión debido a las heladas y el deterioro debido al desgaste, pueden causar fallas en el funcionamiento. Además de esta pérdida de usabilidad.

**Figura 5**  
Nomograma de diseño AASHTO 93



*Fuente: AASHTO, 1993.*

#### **2.2.4 Las juntas en los pavimentos rígidos**

Según Montejo (2010). Las losas de carreteras duras generan diferentes fuerzas. El daño más grave lo provoca el tráfico de vehículos, pero éste se controla mediante el cálculo correcto del espesor de la losa, la elección de la resistencia del hormigón y la calidad de la construcción teniendo en cuenta las propiedades de la losa. Otras tensiones en el pavimento son causadas por la compresión o expansión del concreto y las diferencias de temperatura o humedad entre la superficie de la losa y el sustrato. Estos esfuerzos se controlan determinando las dimensiones apropiadas de la superficie de la losa, es decir, el diseño de la junta del camino. Se colocan costuras horizontales y verticales para que la cubierta no se agriete. Además, el análisis de los esfuerzos inducidos en la losa por las cargas aplicadas en varios lugares lleva a la conclusión de que estos esfuerzos son aún mayores en los bordes y esquinas de la losa, lo que lleva a la conclusión de que las juntas inducidas por ellos son parches duros. (Montejo, 2014)

a) Por exigencias de la construcción. Normalmente, el pavimento rígido se construye a lo largo de la vía, formando juntas longitudinales, determinando la separación en base a cálculos basados en criterios técnicos. Además de la costura longitudinal descrita, la costura de construcción horizontal se produce cuando el trabajo de hormigonado se retrasa, por el final de la jornada de trabajo o la interrupción del suministro de materiales, o la falla de algún equipo. Para la fabricación, el transporte o la eliminación. Pero esta pausa debe ser lo suficientemente larga para que el hormigón vertido alcance su fraguado final.

La duración de este fenómeno depende de las características del hormigón (Montejo, 2014).

b) Concreto de retracción. Una vez que el hormigón ha fraguado, ocupa menos volumen que el hormigón fresco, principalmente debido a las reacciones de hidratación que se producen durante el fraguado y, en segundo lugar, al enfriamiento provocado por la liberación de calor provocada por esta reacción. Cuanto mayor es la contracción lineal de un elemento de hormigón, menor es su relación volumen/área superficial; En el caso de los adoquines, esta relación es muy pequeña ya que su espesor es pequeño en relación a la superficie, por lo que existe una retracción longitudinal considerable (Montejo, 2010).

c) Expansión térmica. Un aumento de temperatura en el hormigón provoca un aumento de su masa en ausencia de restricción; y dado que el adoquín es un elemento delgado con respecto a la superficie, el aumento de volumen es más notorio en sus dimensiones longitudinales. Si hay un límite (es decir, si se evita el alargamiento), es probable que se produzcan tensiones de compresión, resisten bien el hormigón, pero tienen efectos secundarios perjudiciales, como el pandeo de las losas y la creación de tensiones internas. objetos dentro de la acera (por ejemplo, alcantarillas) o adyacentes a ella (Montejo, 2010).

d) aparición de grietas. Surgen del pandeo a medida que el hormigón se endurece y se somete a cambios climáticos diarios, seguidos de esfuerzos debido a las diferencias de humedad y temperatura. En los días calurosos, la superficie del adoquín está más caliente que su base, lo que hace que las losas floten en el centro y se inclinen en los extremos, creando una fuerza que puede provocar nuevas grietas; Por la noche, el fenómeno se invierte y aparecen

tensiones de tracción en la parte inferior de la superficie de la carretera. Para minimizar el efecto de la dilatación térmica en las losas de hormigón, se han desarrollado “spans”. (Montejo, 2010).

## **2.2.5 Estudio de los suelos para diseño de pavimentos**

Montejo (2010) define que, en la construcción de carreteras, la roca es considerada como un conjunto natural de partículas minerales unidas por grandes y continuas fuerzas cohesivas, mientras que el suelo es considerado como un agregado natural de partículas minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden ser separados por medios mecánicos convencionales, como la mezcla con agua. En realidad, no existe una diferencia tan simple entre la roca y el suelo, ya que las rocas más duras y más fuertes pueden debilitarse por la meteorización, y algunos suelos duros pueden aportar una resistencia equivalente a la roca meteorizada.

### **Ensayos que determinan las propiedades**

#### **Ensayo contenido de humedad**

Este método se determina secando el suelo húmedo hasta masa constante en un horno controlado a  $110^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$ . El peso de la tierra que queda después del secado en el horno se usa como el peso de los sólidos. El peso perdido durante el secado en el horno se considera como el peso del agua.

#### **Proctor Modificado**

El experimento de Proctor es un experimento de compactación del suelo que tiene como objetivo lograr la humedad óptima de compactación del suelo para una determinada energía de compresión (Durán, 2002). La compresión reduce la relación de vacíos o índice de poros y aumenta la gravedad específica seca

del suelo, posiblemente debido a varios factores como la reorientación del grano, posibles grietas durante la compactación partículas y sus compuestos (Murillo, 2010). Actualmente, existen formas de reproducir, al menos teóricamente, en condiciones de laboratorio, con condiciones de compactación en campo. Históricamente, el primer método relacionado con el método actualmente en uso es el método estándar. El más utilizado es el llamado Proctor modificado que consume más energía compresiva que el estándar, el que mejor cumple con los requerimientos del diseño moderno de suelos (Llique, 2011). Todos ellos incluyen la compactación del suelo en condiciones variables como se indica a continuación:

**Tabla 11**  
*Condiciones variables del Proctor Estándar*

Tipo de ensayo	PROCTOR ESTANDAR ASTM D698.91 (98)							
	Método		A		B		C	
Condiciones para la elección del método	% Ret. Acum. N°4 =<20%		% Ret. Acum. 3/8” =<20% y % Ret. Acum. N°4 >20%		% Ret. Acum. 3/4” =<30% y % Ret. Acum. 3/8” >20%			
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N°4		Pasante la malla 3/8”		Pasante la malla 3/4”			
N° de capas (n)	3		3		3			
N° de golpes (N)	25		25		56			
Diámetro del molde (cm)	10.16 ± 0.04		10.16 ± 0.04		15.24 ± 0.04			
Altura del molde (cm)	11.64 ± 0.05		11.64 ± 0.05		11.64 ± 0.05			
Volumen del molde V (cm <sup>3</sup> )	944 ± 0.14		944 ± 0.14		2124 ± 0.14			
Peso del martillo W (kg)	2.5 ± 0.01		2.5 ± 0.01		2.5 ± 0.01			
Altura de caída del martillo h (cm)	30.48 ± 0.13		30.48 ± 0.13		30.48 ± 0.13			
Diámetro del martillo (cm)	5.08 ± 0.025		5.08 ± 0.025		5.08 ± 0.025			
Energía de compactación (kg/cm) cm <sup>3</sup>	6.054		6.054		6.027			



Fuente: Llique, 2011

**Tabla 12**  
Condiciones variables del Proctor Modificado

Tipo de ensayo	PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98)		
	Método	A	B
Condiciones para la elección del método	% Ret. Acum. N°4 =<20%	% Ret. Acum. 3/8" =<20% y % Ret. Acum. N°4 >20%	% Ret. Acum. 3/4" =<30% y 3/8" >20%
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N°4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
N° de capas (n)	5	5	5
N° de golpes (N)	25	25	56
Diámetro del molde (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.04
Altura del molde (cm)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del molde V (cm <sup>3</sup> )	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.14
Peso del martillo W (kg)	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura de caída del martillo h (cm)	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
Energía de compactación (kg/cm)cm <sup>3</sup>	27.485	27.485	27.363

Fuente: Llique, 2011.

### C.B.R

La prueba CBR mide la carga requerida para penetrar un pistón de un tamaño particular a una velocidad fija en una muestra de suelo compactada de acuerdo con su Proctor, que consta de tres piezas de prueba (típicamente compactadas a 15, 30 y 60 veces por capa), después de empapar en agua durante cuatro días y midiendo su hinchazón. La muestra de inundación se debe a que de esta manera podemos predecir una situación hipotética de la humedad del suelo una vez finalizada la construcción. Límites a la productividad y consistencia según Atterberg:

Límite líquido:

El límite líquido del suelo es el contenido de humedad expresado como porcentaje del suelo después del secado cuando se encuentra en la interfase entre los estados plástico y líquido (MTC E 110 - 2000).

#### Límite Plástico

Determinado por la fabricación del cilindro de 3 mm. de diámetro y dependiendo de la humedad estos rollos se rompen. El límite elástico está relacionado con la absorción de agua y el contenido de humedad más profundo (Warketin, 1966).

#### Índice de plasticidad

Es el cambio en el contenido de humedad en el que el suelo permanece en un estado plástico. (Murillo, 2010).

### **2.2.6 Costos de construcción**

El costo es uno de los factores más importantes a considerar cuando se construye un edificio para conocer el costo total del edificio, el cual es el producto de la suma de los diferentes componentes del presupuesto total. Laboral. Es necesario analizar el costo unitario de cada actividad junto con su análisis directo e indirecto. Costo y presupuesto de construcción (CAPECO, 2018).

➤ Costos directos. - Coste de las materias primas. - Costes laborales. - Herramientas y equipo. - Beneficios sociales.

➤ Costos indirectos. - Generales y de Emergencia. - Utilidad. - Impuestos.  
Costos directos.

Los costos directos incluyen tres factores que dependen del tipo de actividad para la cual se incurre en el costo. La estructura de costos unitarios para cada proyecto incluye:

- Suministros consumibles
- Trabajo.
- Mecanismo, equipo

Los costos indirectos. Se entiende por costos indirectos aquellos costos que por su naturaleza se relacionan con el trabajo realizado en un período determinado y se entienden en los siguientes aspectos:

- Bienestar social y empleados. - Depreciación o arrendamiento de maquinaria, equipo y herramientas. - Gastos comerciales generales, incluidos los siguientes:

- Alquiler de oficinas, alumbrado, teléfono, limpieza y otros.
- Sueldos incluyendo cargas sociales del personal administrativo.
- Material de escritorio.
- Gastos de movilidad, representación y viáticos del personal
- Gastos de inscripción y permanencia en diferentes instituciones.
- Gastos en la compra de documentos de Licitación y otros.
- Gastos notariales.
- Gastos de garantía: (Buena ejecución, cumplimiento de contrato, seriedad de propuesta, correcta inversión de anticipo, etc.)
- Utilidad que es un porcentaje del costo, determinado por la Empresa.
- Pago de impuestos de financiamiento a diferentes instituciones.
- Pago de impuestos de valor agregado y a las transacciones.

### 2.3 Bases conceptuales o definición de términos básicos

**Asfalto:** Es un material derivado del petróleo que requiere de la presencia de un aglomerante y está recubierto con betún de color marrón oscuro (Loayza y Benites, 2019).

**Carretera pavimentada:** Es una vía construida con material bituminoso que permite el tráfico fluido (Loayza y Benites, 2019).

**Mantenimiento vial:** Son las acciones destinadas a prolongar la vida útil de una vía, incluyendo medidas preventivas y correctivas (Morales, 2019).

**Mejoramiento:** Son las acciones que buscan elevar los estándares de calidad de un proyecto final (Morales, 2019).

**Niveles de servicio:** Son indicadores utilizados para determinar el nivel de servicio de una vía, incluyendo la capacidad de tráfico (Murga y Zerpa, 2019).

**AASHTO-93:** la cual cumple con el objetivo de calcular el espesor mínimo de la capa de concreto requerida para una determinada carga de tránsito. (Murga y Zerpa, 2019).

**PCA:** es el uso en conjunto de láminas, tablas y nomogramas para calcular el mínimo espesor de pavimento para unas solicitaciones de carga previstas en un tiempo de diseño determinado. (Becerra, 2012).

**Pavimento rígido:** Es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada. (Peraza, 2016).

**Superficie de rodadura:** Es la capa de la vía que está en contacto directo con las llantas de los vehículos (Peraza, 2016).

**Vida útil:** Es el período de tiempo durante el cual una vía puede ser utilizada y puede ser prolongada mediante programas de mantenimiento y rehabilitación (Porta, 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Población y selección de la muestra**

##### **3.1.1 Población**

En el presente proyecto la población está conformada por las vías que conforman el pavimento rígido de la ciudad de Huánuco.

##### **3.1.2 Muestra**

En el presente proyecto la muestra será no probabilística ya que se tomará como muestra para la investigación el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.

#### **3.2 Nivel, tipos y diseño de investigación**

##### **3.2.1 Enfoque**

Esta investigación se basa en un enfoque **cuantitativo**, ya que los datos se presentan de forma numérica con el objetivo de medir el grado de afectación de un conjunto de pavimentos. Se adquirió la metodología del AASHTO 93 y PCA. Según Cohen y Gómez (2019), el enfoque cuantitativo se refiere al uso de valores numéricos para realizar evaluaciones precisas de los elementos analizados.

##### **3.2.2 Alcance o nivel**

El nivel de la investigación fue descriptivo, Debido a que el estudio comparativo de la estructura del pavimento duro se realizará sobre la base del

daño del pavimento o el diagnóstico de desgaste, se debe calcular la estructura del pavimento.

### **3.3.3 Diseño**

El diseño de la investigación fue **no experimental**. Ya que se realizó sin manipular intencionalmente las variables, por lo que se observan, miden y analizan los tipos de daños en las carreteras, y luego se calculan los tipos de intervención, los conteos de tráfico y los estudios de suelo para cada tipo de intervención.

## **3.3 Métodos, técnicas e instrumentos**

### **3.3.1 Para la recolección de datos**

Para la presente investigación se adquirió la técnica de observación durante todo el proceso de evaluación. Los datos observados se registraron en fichas y se aplicaron las metodologías AASHTO 93 y PCA, utilizando las guías de aplicación correspondientes. A continuación, se describen las herramientas utilizadas.

- Cinta Métrica de 30 m.
- Regla de Madera de 1 m.
- Conos de tránsito.
- Chalecos reflectivos
- Casco de seguridad
- Ficha de Campo metodología AASHTO 93
- Ficha de Campo metodología PCA

### **3.3.2 Para la presentación de datos**

En este proyecto se utilizará como herramienta para la presentación de los resultados, los datos fueron procesados utilizando el software Microsoft Excel. Esto permitió crear tablas de frecuencia y diversos diagramas para organizar la información. Además, al observar las fallas del pavimento, se miden y grafican en un formato específico en el que se observan todos los defectos para medir el PCI de cada muestra.

### **3.4 Procedimiento**

Los resultados obtenidos, basados en las variables estudiadas y los análisis de la estadística descriptiva, permitieron investigar, verificar y comparar los resultados de las fallas observadas en campo. Se contrastaron estos resultados con los antecedentes existentes para comprender el grado de representatividad de las fallas. Además, se pudo evaluar la efectividad de las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido, teniendo en cuenta la frecuencia y representatividad de las fallas identificadas.

### **3.5 Consideraciones éticas**

Esta investigación es netamente de autoridad de los tesisistas, en esta investigación se revisó diversas fuentes de donde se obtuvo la información necesaria para desarrollar este trabajo.



# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS

### 4.1 Análisis de falla del pavimento rígido

Primeramente, para realizar el análisis del pavimento rígido se deberá tener en cuenta el estudio de tráfico realizado en la zona del Malecón Huallaga, en donde se tuvo un muestreo de 9350 vehículos, el análisis fue realizado desde las horas punta de las 6 am hasta las 8:30 pm por el transcurso de una semana del año 2023, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 13**  
IMD estudio de trafico

HORA	TRANSPORTE LIGERO					TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA						TOTALES
	MOTO	BAJAJ	TICOS	AUTOS	PICK UP	COMBIS	USTER	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES 4 EJES	CAMIONES 5 EJES	CAMIONES 6 EJES	MOLQU	
00-01															
01-02															
02-03															
03-04															
04-05															
05-06															
06-07	35	180	125	30	10	4	1	0	20	18	0	0	0	0	423
07-08	120	423	183	52	28	8	0	4	13	0	0	0	0	0	841
08-09	79	293	137	38	21	11	0	4	34	0	5	0	0	0	622
09-10	72	291	132	31	16	12	2	0	47	18	0	0	0	0	531
10-11	82	214	115	27	14	11	0	0	40	0	10	0	0	0	513
11-12	97	217	120	34	19	9	3	0	40	0	0	0	0	0	539
12-13	122	248	150	39	12	10	0	0	13	0	5	0	0	0	599
13-14	236	315	205	77	29	9	1	0	60	0	0	0	0	0	696.3
14-15	139	223	178	48	19	10	0	0	40	0	0	0	0	0	518.2
15-16	111	227	104	27	13	8	0	0	0	9	10	0	0	0	398
16-17	99	266	129	40	18	7	1	0	34	0	0	0	0	0	494.5
17-18	127	298	201	46	15	6	0	0	27	0	5	0	0	0	597.8
18-19	161	270	196	54	24	7	0	0	20	0	0	0	0	0	571.1
19-20	138	257	162	47	13	6	0	0	7	0	5	0	0	0	496.7
20-21	90	187	141	41	11	0	0	5	13	9	0	0	0	0	407.4
21-22															0
22-23															0
23-24															0
TOTAL	1708	3819	2288	631	262	118	8	13	409	54	40	0	0	0	9350

Fuente: Elaborado por el tesista

También se realizó el estudio de suelos del malecón de Huallaga para ello se tomó 4 muestras del lugar, los cuales fueron llevados a laboratorio para su análisis y obtener *las características propias del suelo de la Sub Rasante*

y su clasificación según la AASHTO, su capacidad de soporte o CBR es de 27% para el 100% MDS Y 20.9% AL 95%.

Una vez completada la inspección de campo, el PCI se calcula con base en el cálculo de los valores deducibles. Los cálculos se realizan en hojas de trabajo creadas en hojas de Excel para obtener mejores resultados y detalles. Se almacenó en los archivos un resumen de cada tipo de error y gravedad para calcular la densidad individual de cada error. Esta es una de las 10 unidades de muestra.

Determinación del índice de estado de la superficie de la carretera

Interpretación de los datos de campo obtenidos durante las pruebas de daños en superficies duras en el Malecón Huallaga; y calcular el índice de condición del pavimento para cada muestra de análisis.

**Tabla 14**  
*Resumen de las fallas de muestras*

<i>UNIDAD DE MUESTRA</i>	<i>PCI</i>	<i>CALIFICACIÓN</i>
<b>Muestra-1</b>	13	Muy malo
<b>Muestra -2</b>	3	Fallado
<b>Muestra -3</b>	13	Muy malo
<b>Muestra -4</b>	0	Fallado
<b>Muestra -5</b>	15	Muy malo
<b>Muestra -6</b>	13	Muy malo
<b>Muestra -7</b>	3	Fallado
<b>Muestra -8</b>	0	Fallado
<b>Muestra -9</b>	0	Fallado
<b>Muestra -10</b>	0	Fallado

*Fuente: Elaborado por el tesista*

De la anterior tabla podemos observar que los 10 casos están fallando según la metodología de PCI, a continuación, se realizara el ejemplo de cómo se

calculó los índices de condición de pavimento, se mostrara el caso 3 y el caso 7.

### Caso 7

La unidad de muestra del caso 7 posee 20 losas pertenecientes a la cuadra 7. No hay cambio en el segmento entre los bloques 1-10, dentro de su rango de 7 m, por lo tanto, el segmento de pavimento especificado se denomina segmento 1.

**Tabla 15**  
Inspección de la muestra 7

No.	Daño		No.	Daño		No.	Daño	
21	Blow up / Buckling.		27	Desnivel Carril / Berma.		34	Punzonamiento.	
22	Grieta de esquina.		28	Grieta lineal.		35	Cruce de vía férrea	
23	Losa dividida.		29	Parcheo (grande).		36	Desconchamiento	
24	Grieta de durabilidad		30	Parcheo (pequeño)		37	Retracción	
25	Escala.		31	Pulimento de agregados		38	Descascaramiento de esquina	
26	Sello de junta.		32	Popouts		39	Descascaramiento de junta	
			33	Bombeo			Esquema	
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido				
30	M	1	5.00%	2		30 M	25A	1
28	A	18	90.00%	60		28A	38A	2
25	A	1	5.00%	8		23A	34M	
34	A	1	5.00%	18		28A	28A	3
23	A	9	45.00%	72		29A	28A	4
38	A	1	5.00%	3		28A	28A	5
34	M	1	5.00%	9		29A	29A	6
29	A	6	30.00%	40		28A	28A	7
						23A	23A	8
						28A	28A	9
						23A	23A	10
						28A	28A	
						<b>A</b>	<b>B</b>	

Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior cuadro se muestra el cálculo de la densidad, cada falla entre el área total de la muestra en porcentaje:

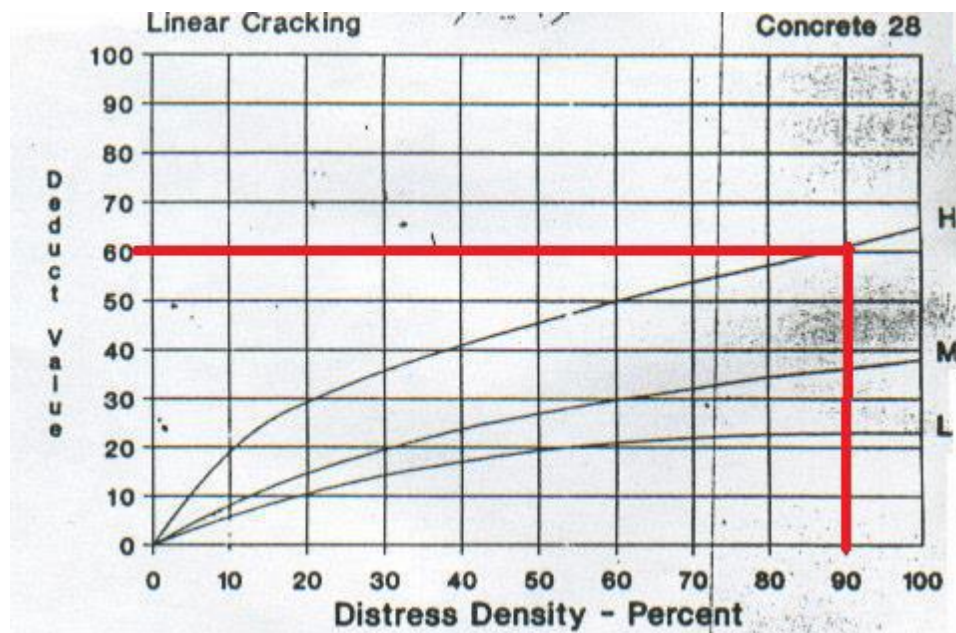
**Tabla 16**  
Cálculo del PCI, muestra - 7

<i>Daño</i>	<i>Severidad</i>	<i>No. Losas</i>	<i>Densidad (%)</i>	<i>Valor deducido</i>
25	A	1	5.00%	8
28	A	18	90.00%	60
30	M	1	5.00%	2

Fuente: Elaborado por el tesista.

De las anteriores tablas obtenidas, se puede ver que la densidad en nuestro caso se da en 90% para el tipo de falla de grieta lineal, con una severidad alta, estos valores se identificarán con la siguiente figura usando los ábacos:

**Figura 6**  
Análisis de la curva de falla de piel de cocodrilo



Fuente: Elaborado por el tesista

Entonces el valor deducido será 60 para el tipo de falla de grieta lineal, de severidad media.

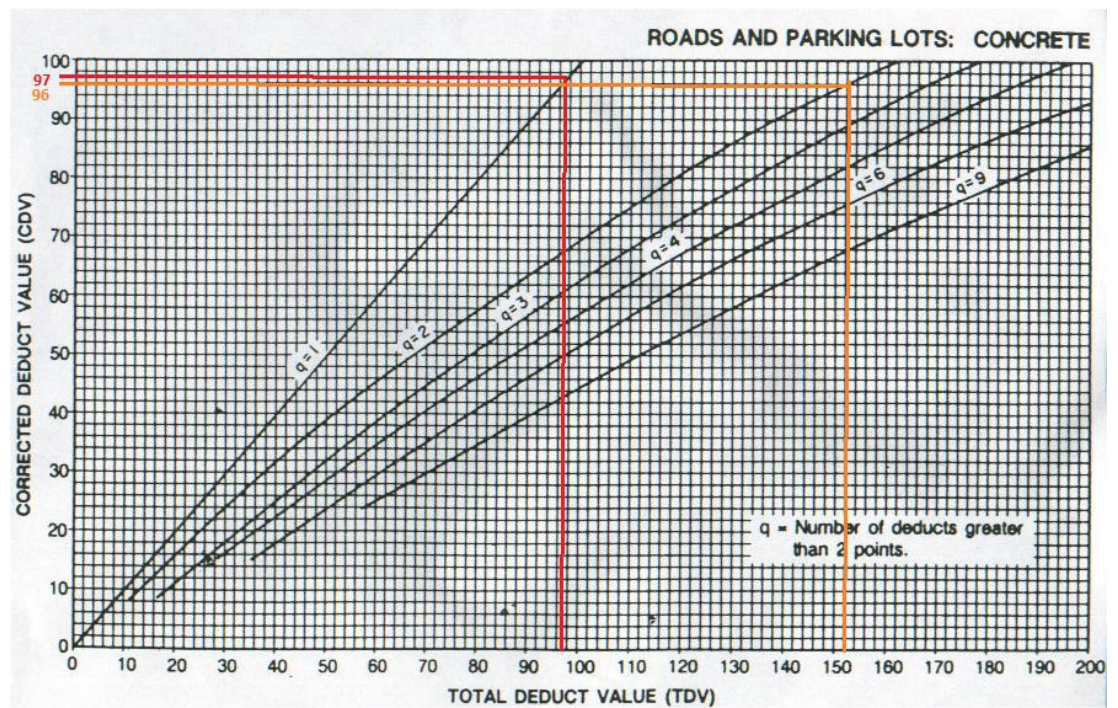
Cálculo del PCI de la muestra 7

**Tabla 17**  
Cálculos corregidos de CDV, muestra 7

N/O	VALORES DEDUCIDOS							Total	q	CDV
1	72	5	5	5	5	3	2	97	5	97
2	72	60	5	5	5	3	2	152	4	96
3	72	60	40	5	5	3	2	187	3	----
4	72	60	40	9	5	3	2	191	2	----
5	72	60	40	9	8	3	2	194	1	----

Fuente: Elaborado por el tesista.

**Figura 7**  
Abaco de corrección de CDV, muestra 7



Fuente: Elaborado por el tesista.

De los anteriores gráficos podemos obtener el siguiente resultado:

$$\text{Max CDV} = 97$$

$$\text{PCI} = 3$$

Clasificación = Fallado

### Caso 3

La unidad de muestra del caso 3 posee 20 losas pertenecientes a la cuadra 4

No hay cambio en el segmento entre los bloques 1-10, dentro de su rango de 7 m, por lo tanto, el segmento de pavimento especificado se denomina segmento 1.

**Tabla 18**  
Inspección de la muestra 3

No.	Daño		No.	Daño		No.	Daño	
21	Blow up / Buckling.		27	Desnivel Carril / Berma.		34	Punzonamiento.	
22	Grieta de esquina.		28	Grieta lineal.		35	Cruce de vía férrea	
23	Losa dividida.		29	Parcheo (grande).		36	Desconchamiento	
24	Grieta de durabilidad		30	Parcheo (pequeño)		37	Retracción	
25	Escala.		31	Pulimento de agregados		38	Descascaramiento de esquina	
26	Sello de junta.		32	Popouts		39	Descascaramiento de junta	
			33	Bombeo			Esquema	
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido				
23	A	6	30.00%	60		23A 28A 25A	24A 28A 25A	1
28	A	6	30.00%	36		23A 28A 25A	24A 28A 25A	2
25	A	6	30.00%	40		23A 28A 25A	24A 28A 25A	3
23	M	14	70.00%	66		23M 28M 25M	23M 28M 25M	4
28	M	14	70.00%	32		23M 28M 25M	23M 28M 25M	5
25	M	14	70.00%	48		23M 28M 25M	23M 28M 25M	6
						23M 28M 25M	23M 28M 25M	7
						23M 28M 25M	23M 28M 25M	8
						23M 28M 25M	23M 28M 25M	9
						23M 28M 25M	23M 28M 25M	10
						<b>A</b>	<b>B</b>	

Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior cuadro se muestra el cálculo de la densidad, cada falla entre el área total de la muestra en porcentaje:

**Tabla 19**  
Cálculo del PCI, muestra - 3

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido
25	A	6	30%	40
28	A	6	30%	36
23	A	6	30%	40

Fuente: Elaborado por el tesista.

De las anteriores tablas obtenidas, se puede ver que la densidad en nuestro caso se da en 30% para el tipo de falla de losa dividida, con una severidad alta, estos valores se identificaron con la siguiente figura usando los ábacos:

**Figura 8**  
Análisis de la curva de falla de hundimiento



Fuente: Elaborado por el tesista



Entonces el valor deducido será 60 para el tipo de falla de losa dividida, de severidad alta.

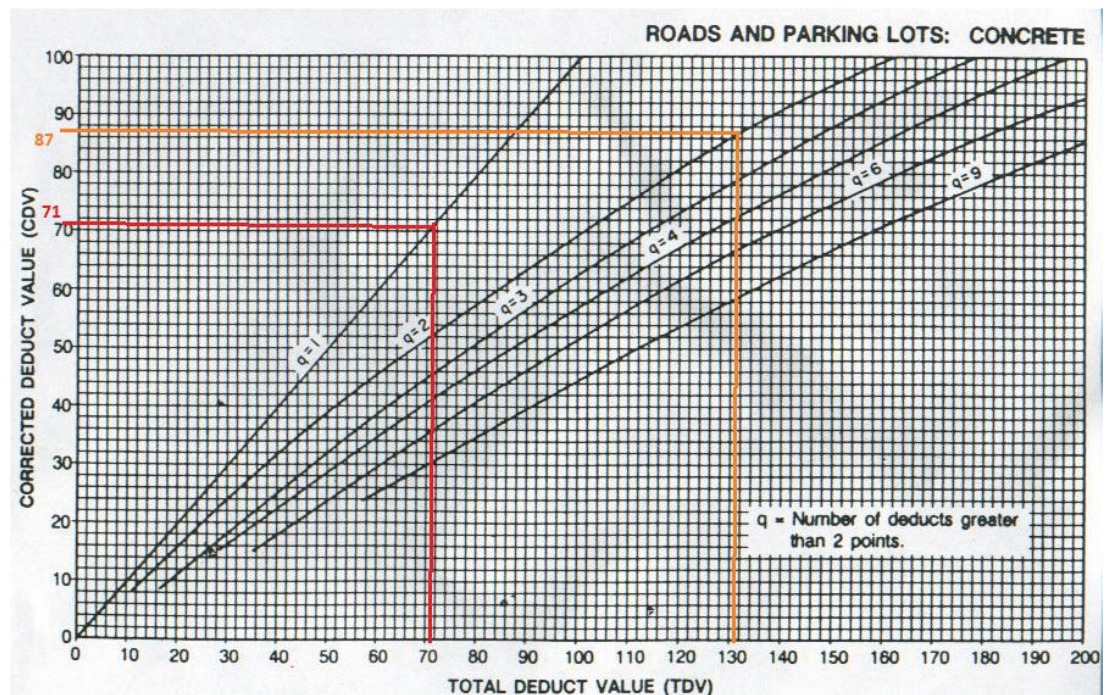
### Cálculo del PCI de la muestra 3

**Tabla 20**  
Cálculos corregidos de CDV, muestra 3

N/O	VALORES DEDUCIDOS						Total	q	CDV
1	66	5					71	6	71
2	66	60	5				131	5	87
3	66	60	48	5			179	4	----
4	66	60	48	40	5		219	3	----
5	66	60	48	40	36	5	255	2	----
6	66	60	48	40	36	32	282	1	----

Fuente: Elaborado por el tesista.

**Figura 9**  
Abaco de corrección de CDV, muestra 3



Fuente: Elaborado por el tesista.

De los anteriores gráficos podemos obtener el siguiente resultado:



$$\text{Max CDV} = 87$$

$$\text{PCI} = 13$$

*Clasificación = Muy malo*

## 4.2 Análisis según el tipo de falla

De los anteriores cuadros y de las muestras se puede obtener el siguiente cuadro de resultado:

N° DE FALLA	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			TOTAL
		BAJA	MEDIA	ALTA	
23	LOSA DIVIDIDA	10	30	95	135
25	ESCALA	25	45	65	135
28	GRIETA LINEAL	40	75	95	210
29	PARCHE GRANDE	8	8	20	36
30	PARCHE PEQUEÑO	15	30	15	60
34	PUNZONAMIENTO	5	15	20	40
36	DESCONCHAMIENTO	25	65	45	135
38	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	0	10	30	40
39	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	0	5	15	20

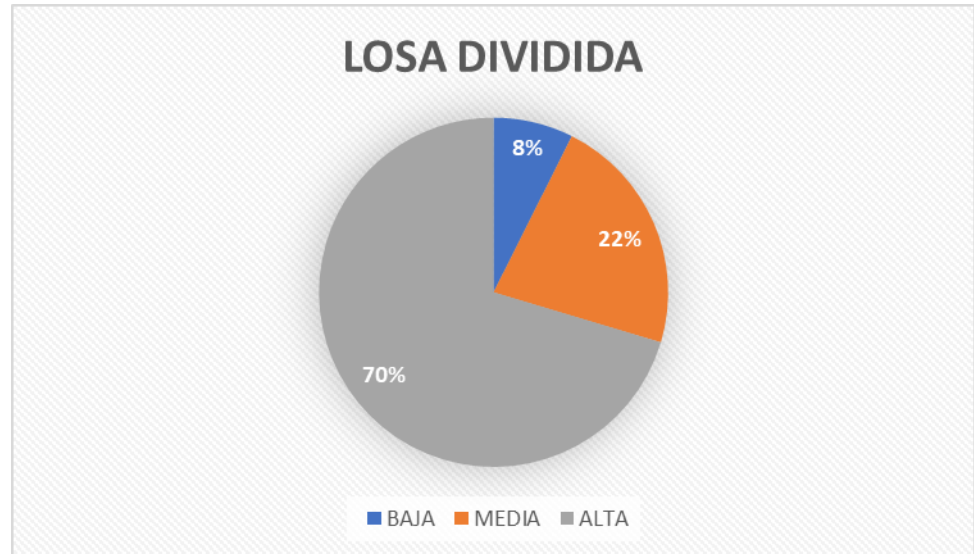
*Fuente: Elaborado por el tesista*

De la anterior tabla, estos resultados nos dan un total de 811 de losas de fallas en todo el recorrido de la vía del Malecón Huallaga, las fallas que se presentan en mayor cantidad son: Grieta lineal, Escala, losa dividida, desconchamiento, con 210, 135, 135 y 135 losas respectivamente.

### **Resultados obtenidos por tipo de falla y severidad:**

Podemos obtener que, según la severidad de la falla, el grado de severidad que existe en mayor cantidad es la severidad media.

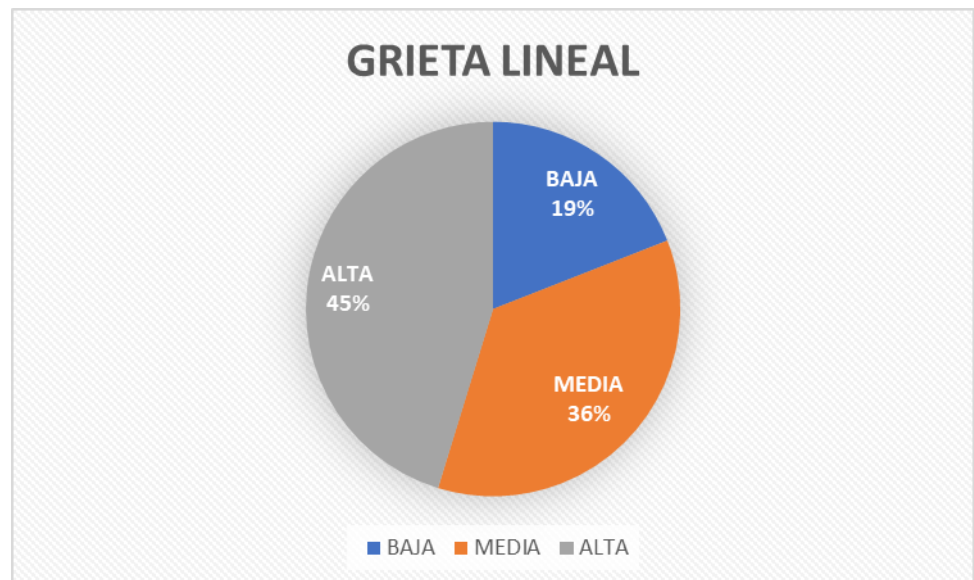
**Figura 10**  
*Análisis de la falla de piel de cocodrilo*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de losa dividida se tiene un 70% de severidad alta, un 22% de severidad media y un 8 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

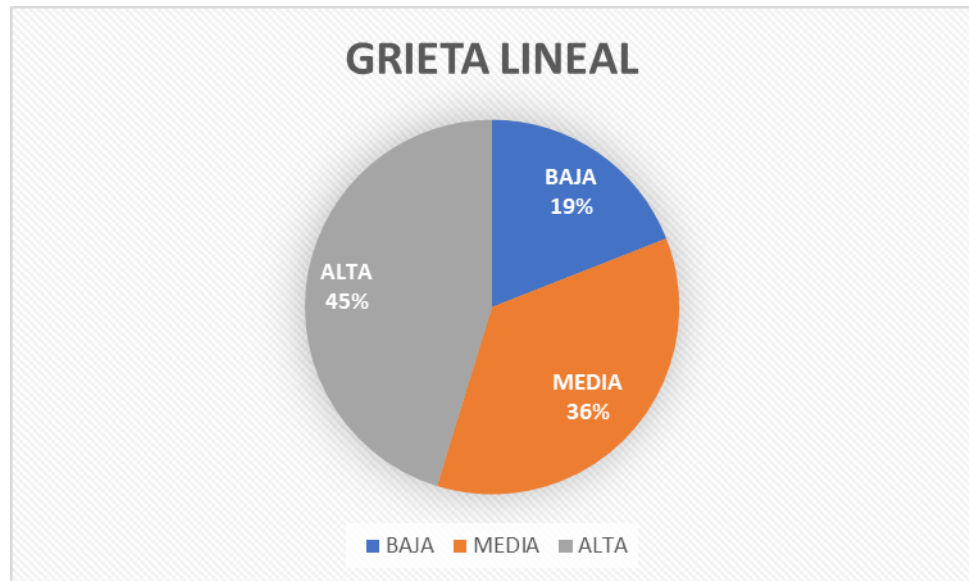
**Figura 11**  
*Análisis de la falla de agrietamiento en bloque*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de escala se tiene un 48% de severidad alta, un 33% de severidad media y un 19 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

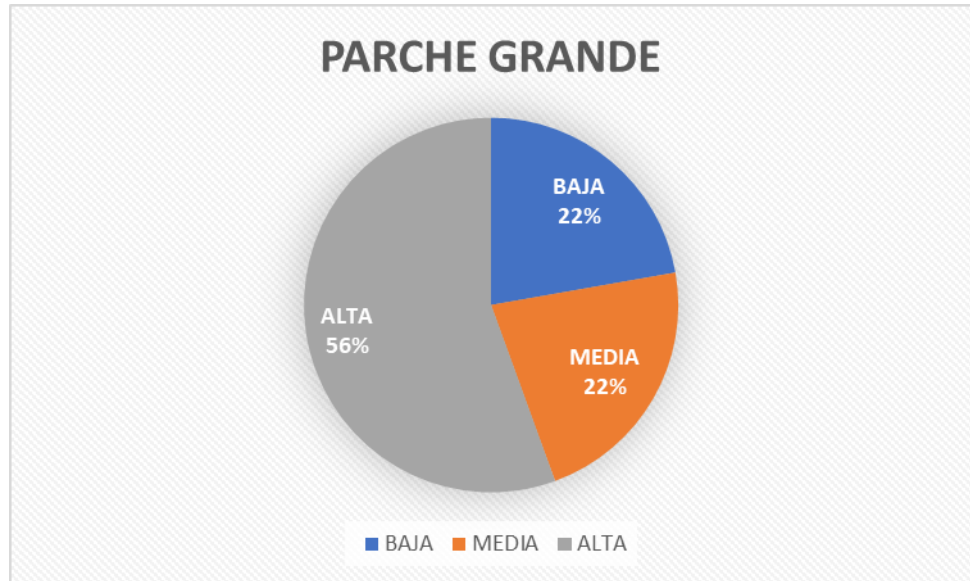
**Figura 12**  
*Análisis de la falla de depresión*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de grieta lineal se tiene un 45% de severidad alta, un 36% de severidad media y un 19 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

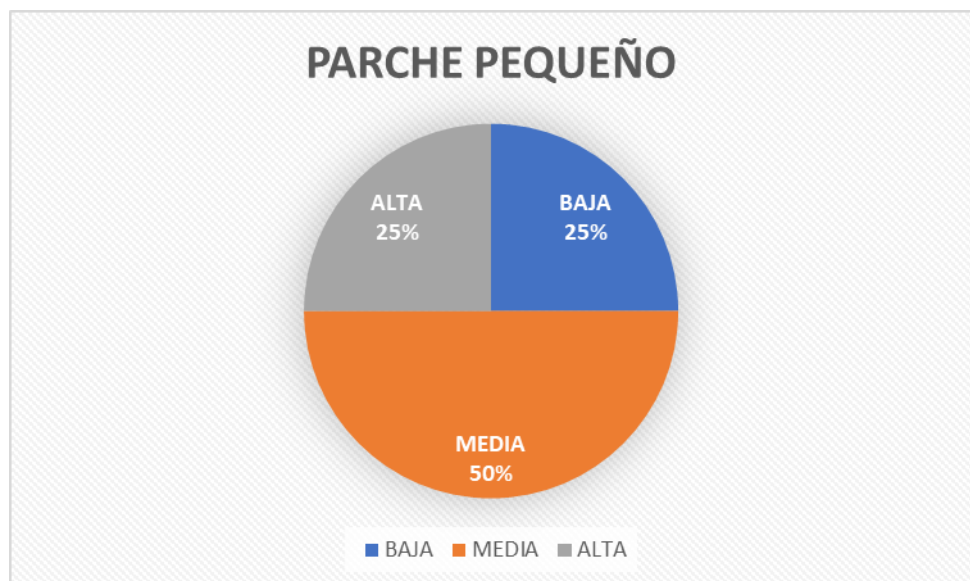
**Figura 13**  
*Análisis de la falla de grieta de borde*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de parche grande se tiene un 56% de severidad alta, un 22% de severidad media y un 22 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

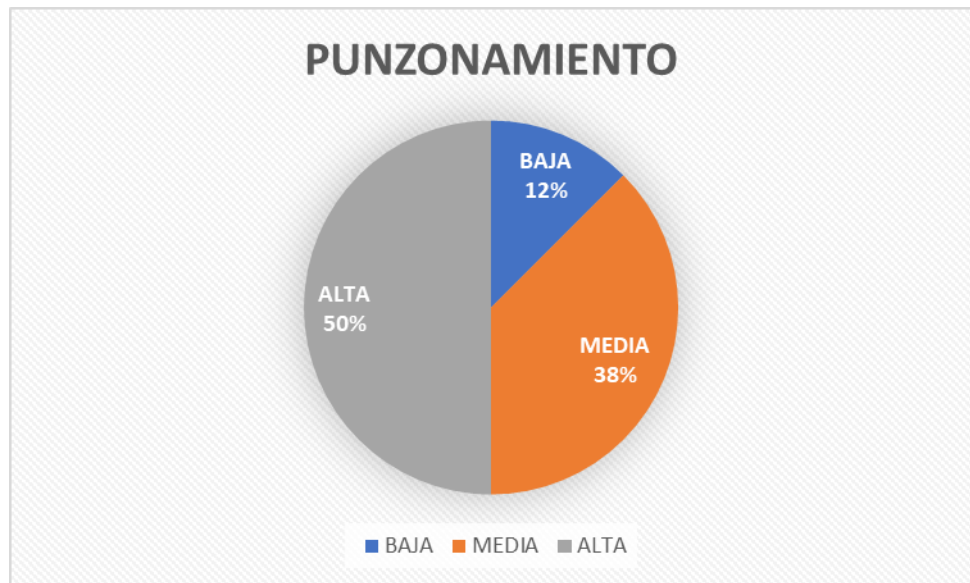
**Figura 14**  
*Análisis de la falla de grieta longitudinal y transversal*



Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de parche pequeño se tiene un 50% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 25 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

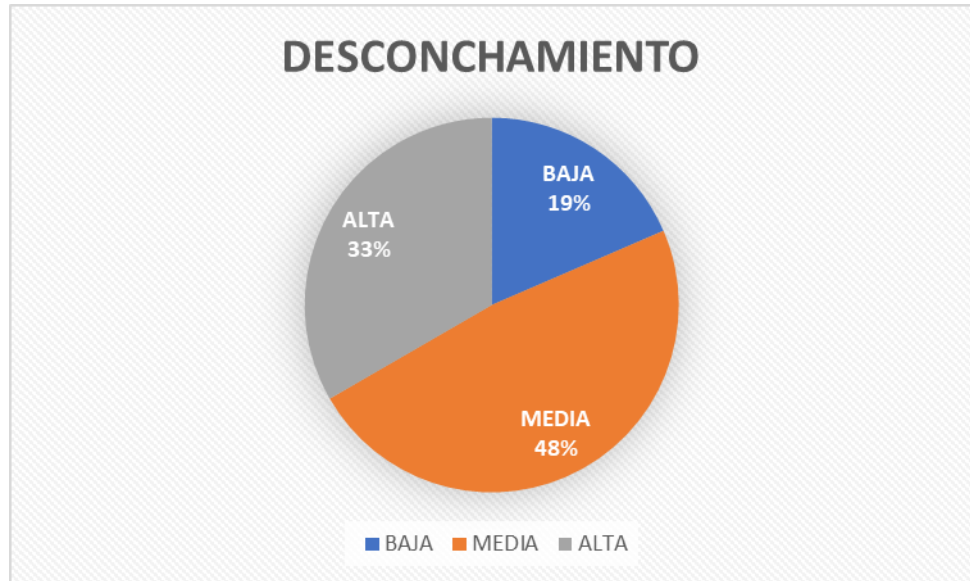
**Figura 15**  
Análisis de la falla de parcheo



Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de punzonamiento se tiene un 50% de severidad alta, un 38% de severidad media y un 12 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

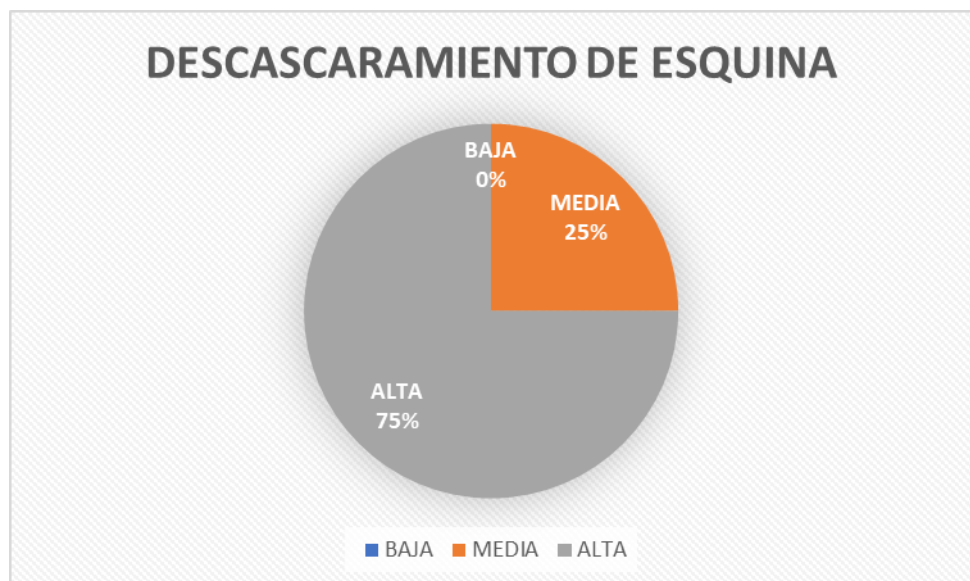
**Figura 16**  
*Análisis de la falla de Huecos*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de desconchamiento se tiene un 33% de severidad alta, un 48% de severidad media y un 19 % de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

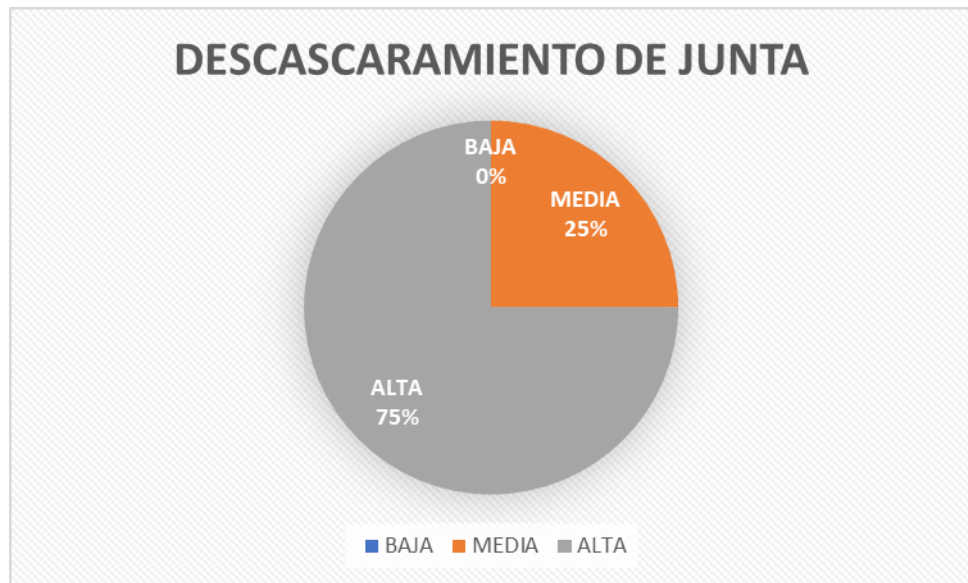
**Figura 17**  
*Análisis de la falla de ahuellamiento*



Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de descascaramineto de esquina se tiene un 75% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 0% de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

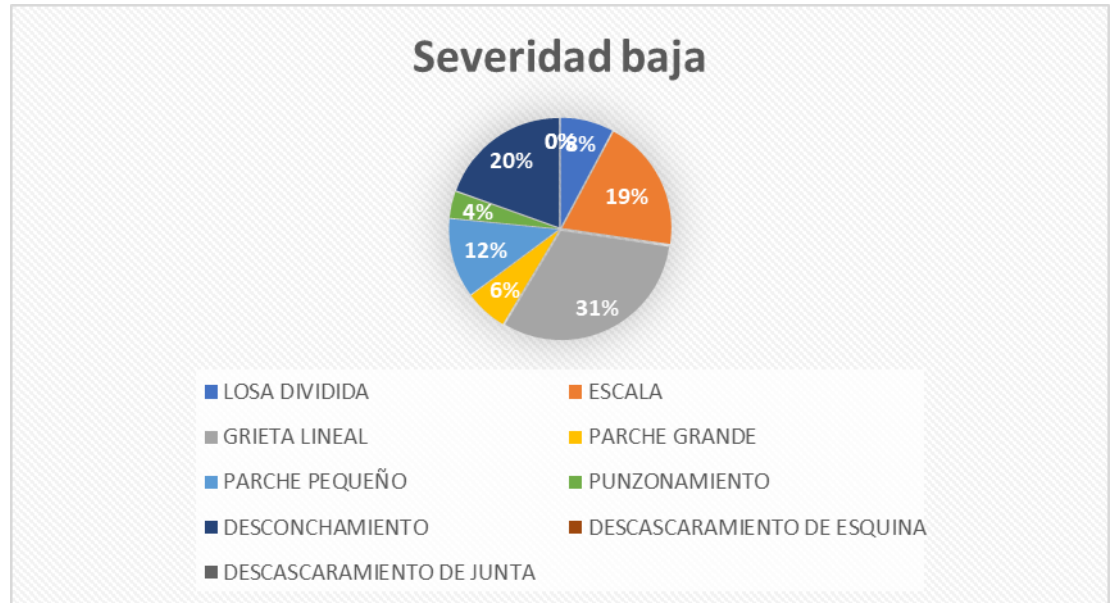
**Figura 18**  
Análisis de la falla de desprendimiento de agregados



Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior grafico podemos ver que para la falla de descascaramineto de junta se tiene un 75% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 0% de severidad baja en todo el malecón Huallaga.

**Figura 19**  
*Análisis de la severidad baja*

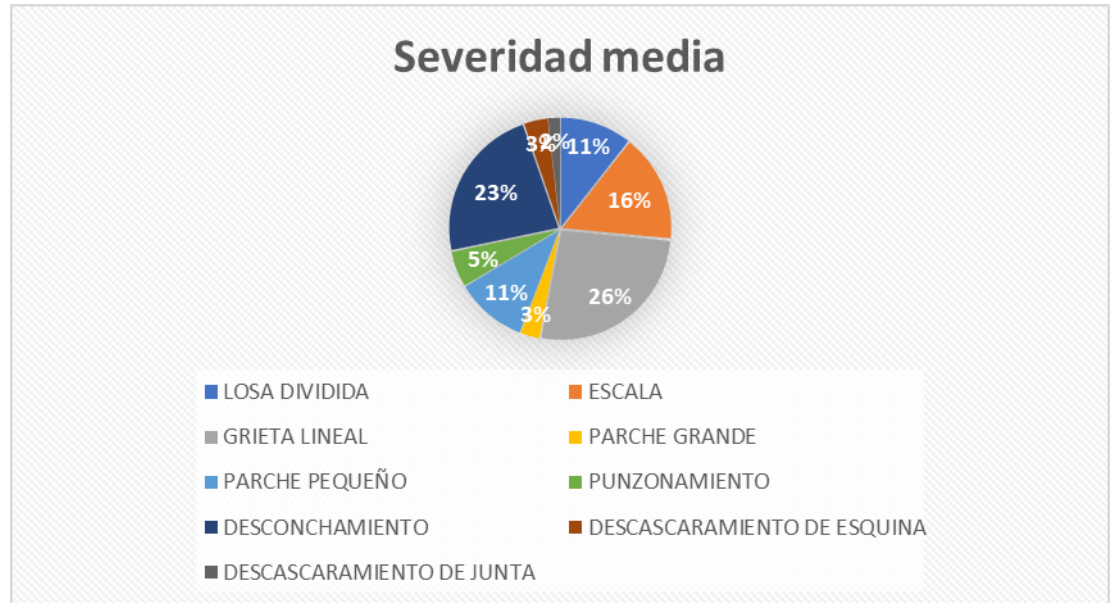


*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior gráfico se puede obtener como severidad baja, las fallas más significativas son grieta lineal se tiene un 31%, desconchamiento se tiene un 20%, escala se tiene un 19%, parche pequeño se tiene un 12%, y el resto de fallas son menores del 10% en todo el malecón Huallaga.



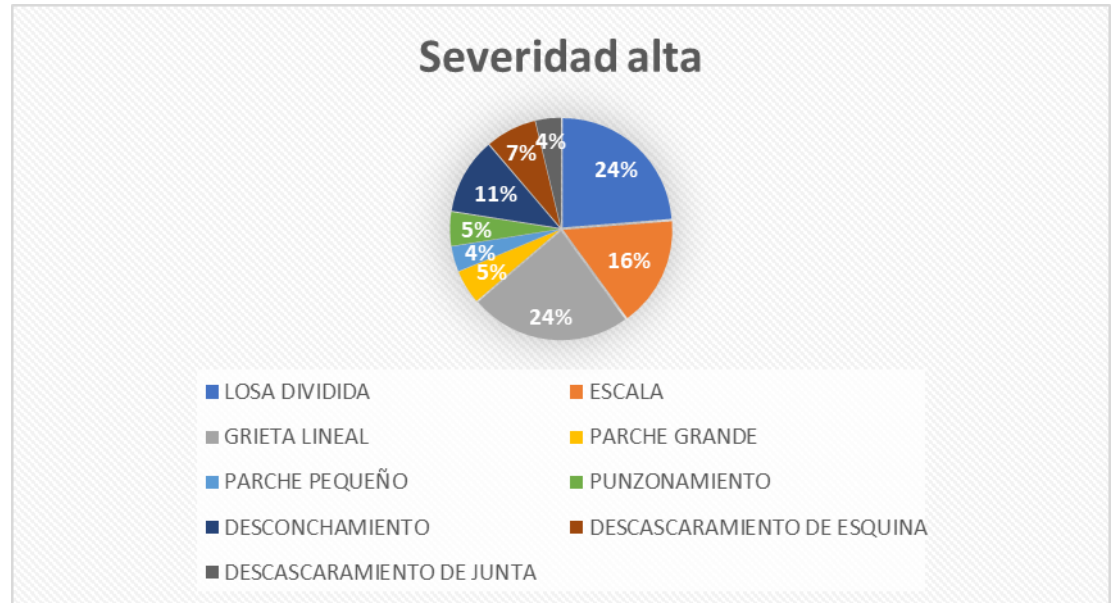
**Figura 20**  
*Análisis de la severidad media*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior gráfico se puede obtener como severidad media, las fallas más significativas son grieta lineal se tiene un 26%, desconchamiento se tiene un 23%, escala se tiene un 16%, parche pequeño y losa dividida se tiene un 11%, y el resto de fallas son menores del 10% en todo el malecón Huallaga.

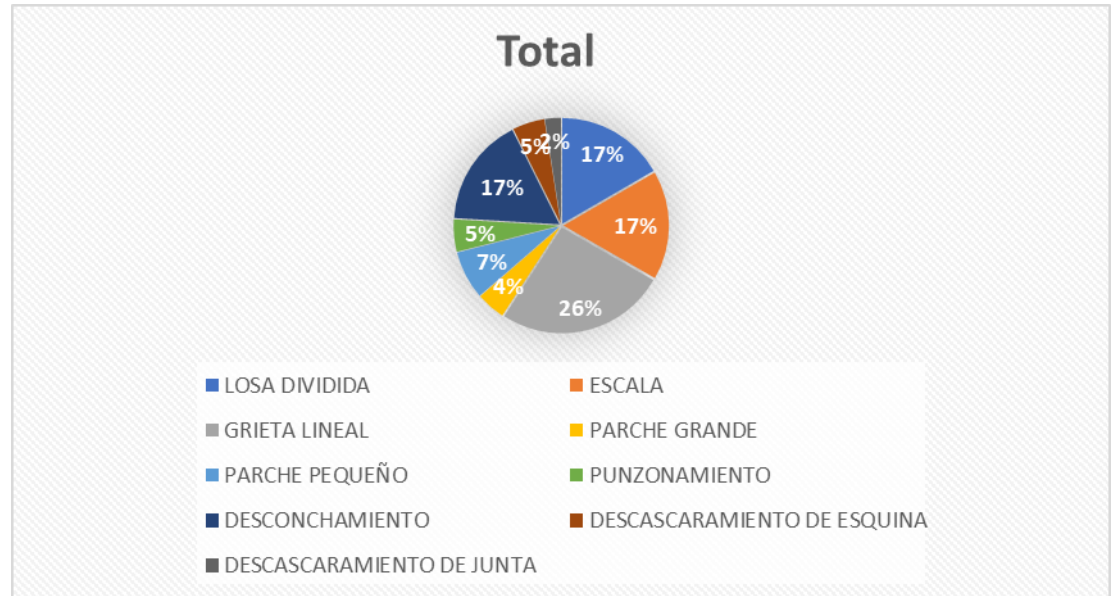
**Figura 21**  
*Análisis de la severidad alta*



*Fuente: Elaborado por el tesista*

Del anterior gráfico se puede obtener como severidad media, las fallas más significativas son grieta lineal y losa dividida se tiene un 24%, desconchamiento se tiene un 11%, escala se tiene un 16% y el resto de fallas son menores del 10% en todo el malecón Huallaga.

**Figura 22**  
Análisis de la con los tipos de falla



Fuente: Elaborado por el tesista

Del anterior grafico se puede obtener como falla total, las fallas más significativas son grieta lineal se tiene un 26%, desconchamiento, escala y losa dividida se tiene un 17% y el resto de fallas son menores del 10% en todo el malecón Huallaga.

### 4.3 Propuestas de soluciones según el ASTM D6433

*Alternativa de solución según el ASTM D6433:*

**Tabla 21**  
Resumen de las fallas de muestras

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CALIFICACIÓN
CASO-1	13	Muy malo
CASO -2	3	Fallado
CASO -3	13	Muy malo
CASO -4	0	Fallado
CASO -5	15	Muy malo
CASO -6	13	Muy malo
CASO -7	3	Fallado
CASO -8	0	Fallado

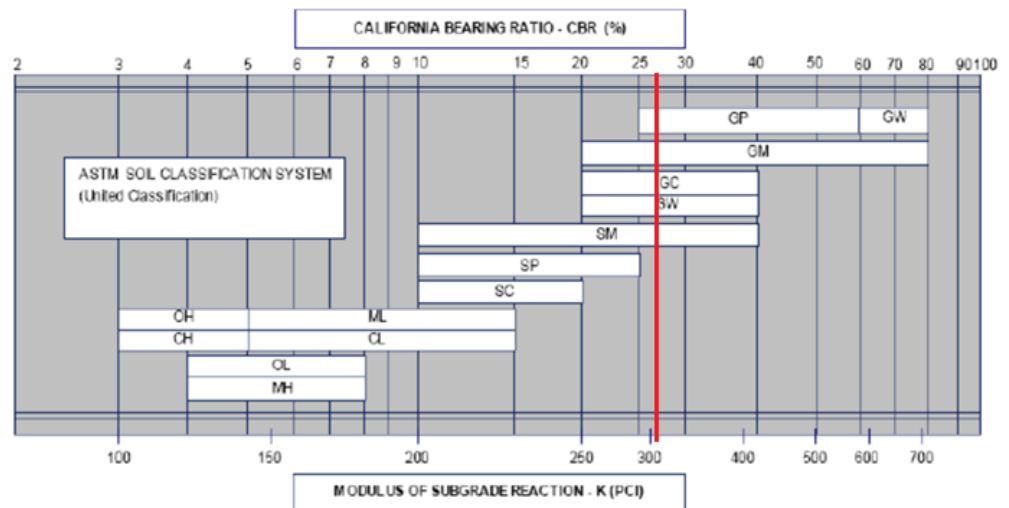
<b>CASO -9</b>	0	Fallado
<b>CASO -10</b>	0	Fallado

Fuente: Elaborado por el tesista

De la tabla anterior si se saca el promedio de las clasificaciones por el método del PCI se clasifica como fallado, lo cual que la pista ha fallado y necesita una reconstrucción de la pista del Malecón Huallaga.

#### 4.4 Análisis del pavimento según el PCA

**Figura 23**  
Correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante



Fuente: Elaborado por el tesista

**Figura 24**  
Valores de K, para subbase no tratadas

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

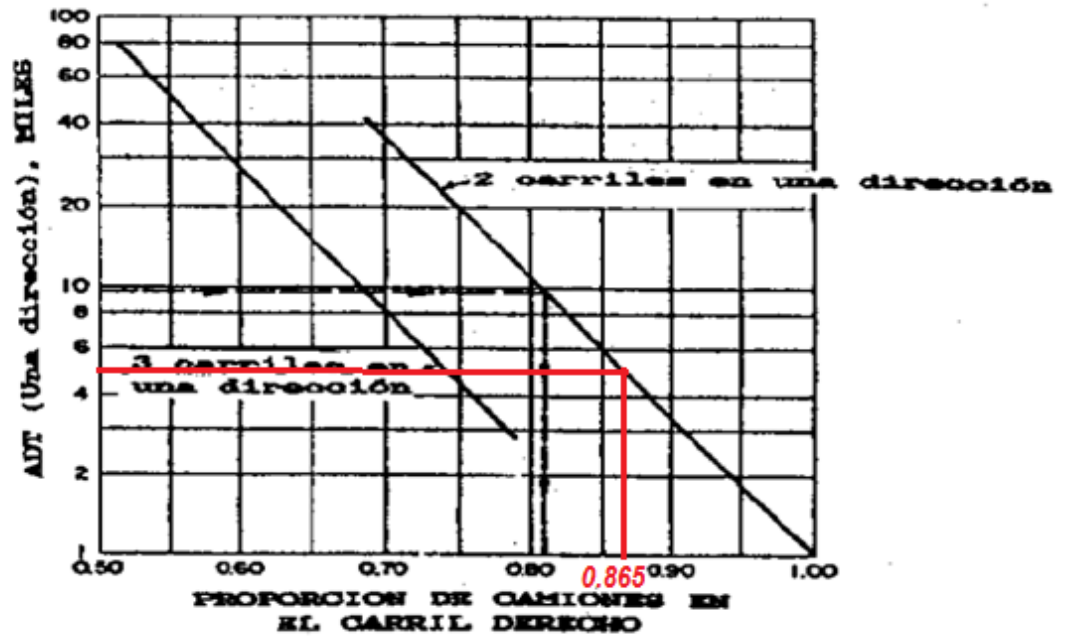
305 ————— X

Fuente: Elaborado por el tesista

Se toma como espesor de la sub base de 9 pulgadas con 305 del valor de la reacción de la subrasante.

$$X = 375 \text{ pci}$$

Figura 25  
Proporción de camiones en el carril derecho



Fuente: Elaborado por el tesista

Proporción de camiones de carril derecho: 0.865

**Figura 26**  
Esfuerzo equivalente (eje simple / eje tándem)

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpolando ejes para un K de 375 pci.

EJES SIMPLES					
Yo =	246		Yo =		2.87
Y1 =	224		Y1 =		2.86
X =	375		X =		375
Xo =	300		Xo =		300
X1 =	500		X1 =		500
<b>Yx = 237.75</b>			<b>Yx = 2.866</b>		



**Figura 27**  
Factor de erosión – juntas con dowels

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpolando ejes para un K de 375 pci.

EJES TANDEM					
Yo =		203		Yo =	2.97
Y1 =		181		Y1 =	2.93
X =		375		X =	375
Xo =		300		Xo =	300
X1 =		500		X1 =	500
Yx = 194.75			Yx = 2.955		

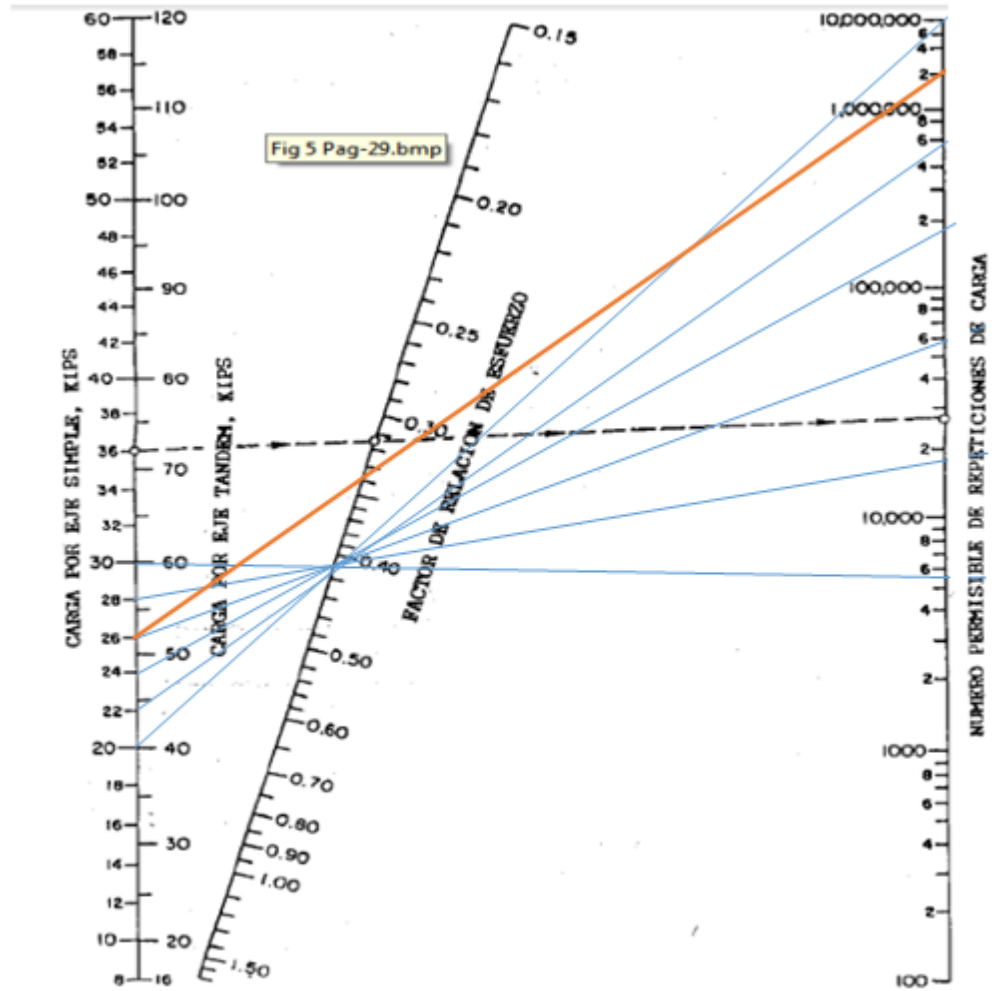
**Figura 28**  
 Diseño de pavimento rígido con el método del PCA

CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO							
Espesor de prueba	7.5	pulg	junta con dowels	SI	NO		
k de subbase - subrasante	305	pci	berma de concreto	SI	NO		
Modulo de rotura, MR	569	pci	periodo de diseño	20	años		
Factor de seguridad de carga	1.1						
1	2	3	4	5	6	7	
Carga por eje	multipli por LSF	Repetic. Esperadas	Analisis por fatiga		Analisis por erosion		
			Repeticion permisible	% de fatiga	Repeticion permisible	% de daño	
8. Esfuerzo Equivalente		237.75					
9. Factor de reacion esfuerzo		0.418					
10. Factor de Erosion		2.866					
Ejes Simples							
30	33	1825	5800	31.46	700000	0.26	
28	30.8	4236	19000	22.29	1000000	0.42	
26	28.6	8667	60000	14.44	1900000	0.46	
24	26.4	18506	190000	9.74	3000000	0.62	
22	24.2	30757	600000	5.13	5000000	0.62	
20	22	67770	9000000	0.08	10000000	0.68	
18	19.8	88362	ilimitado	0	21000000	0.42	
16	17.6	120943	ilimitado	0	60000000	0.2	
14	15.4	168708	ilimitado	0	ilimitado	0	
12	13.2	528149	ilimitado	0	ilimitado	0	
11. Esfuerzo Equivalente		194.75					
12. Factor de reacion esfuerzo		0.34					
13. Factor de Erosion		2.955					
Ejes Tandem							
52	57.2	6125	2000000	0.31	800000	0.77	
48	52.8	12316	ilimitado	0	1500000	0.82	
44	48.4	35905	ilimitado	0	2300000	1.56	
40	44	107194	ilimitado	0	4000000	2.68	
36	39.6	254659	ilimitado	0	8000000	3.18	
32	35.2	267561	ilimitado	0	20000000	1.34	
28	30.8	476149	ilimitado	0	60000000	0.79	
24	26.4	283135	ilimitado	0	ilimitado	0	
20	22	352860	ilimitado	0	ilimitado	0	
16	17.6	390003	ilimitado	0	ilimitado	0	
DISEÑO 1A			TOTAL	83.44	TOTAL :	14.81	ok!

Fuente: Elaborado por el tesista

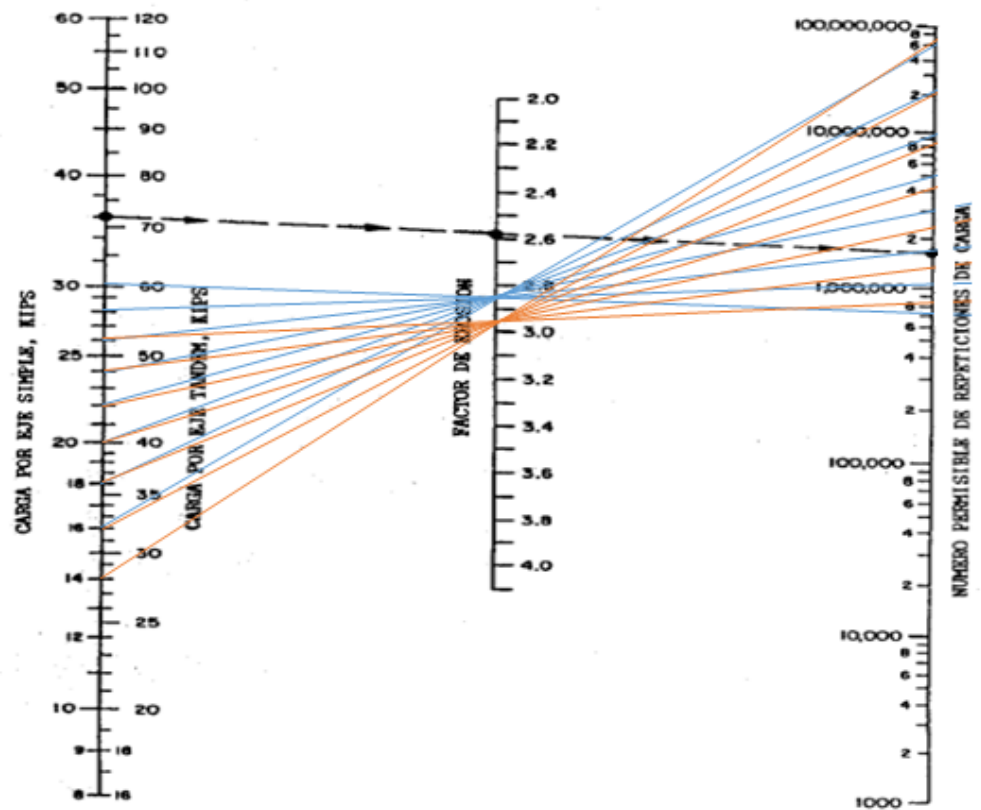


Figura 29  
Análisis por fatiga



Fuente: Elaborado por el tesista

**Figura 30**  
Análisis por erosión



Fuente: Elaborado por el tesista

**Análisis del método PCA:**

En esta metodología de diseño para el pavimento rígido, las variables que se tienen en cuenta para el desarrollo de esta metodología son Modulo de rotura del concreto ( $40 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ ), el K combinado de la Subrasante con la Sub Base (375 pci), el criterio de dovelas y bermas (con dovelas y sin bermas), la carga por eje y las repeticiones esperadas, desarrollada la metodología de diseño contemplando estos parámetros se obtiene el dimensionamiento:

- Espesor de losa de 7.5" = 19.05 cm

Tomando un valor más conservador el espesor de la losa para el pavimento rígido según la metodología PCA es de 20 cm

#### 4.5 Análisis del pavimento según el AASHTO 93

##### Datos de los materiales

*Resistencia a la compresión:*

**Tabla 22**  
Valores recomendados de resistencia del concreto

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'C)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Manual de suelos y pavimentos del MTC

*Dónde: la resistencia es 280 kg/cm<sup>2</sup>*

$$f'c = 280 \times 14.22 = 3981 \text{ psi}$$

*Módulo de elasticidad del concreto:*

$$Ec = 57000 \times (f'c)^{0.5}$$

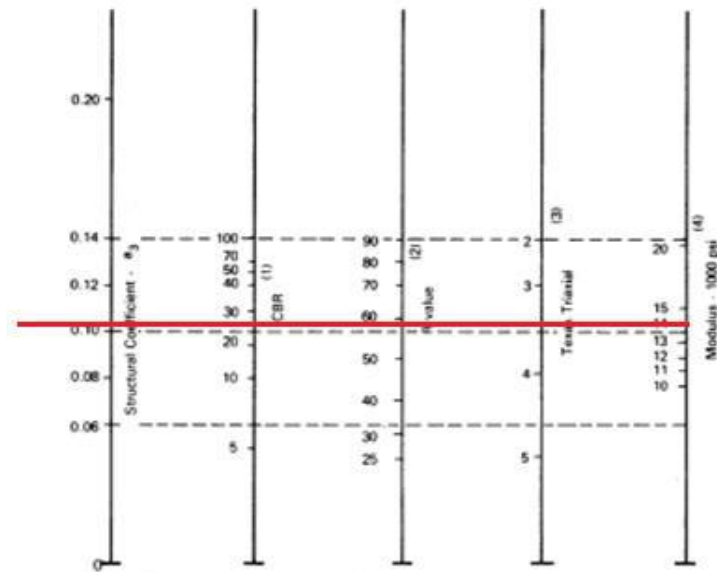
$$Ec = 3576948.7 \text{ psi}$$

*Módulo de rotura S'c:*

$$S'c = 40 \times 14.22 = 568.8 \text{ psi}$$

*Módulo elástico de la sub base – cbr: 27% ( psi )*

**Tabla 23**  
 Variación de coeficiente de capa de subbase granular



Fuente: AASHTO 93

Módulo de la sub base: 14000 psi

Datos de tráfico y otras propiedades de la subrasante

Numero de ejes equivalentes total ( W 18 )

Ejes Equivalentes:  $1.7 \times 10^6$  EE

Factor de confiabilidad ( R )

**Figura 31**  
 Grado de confiabilidad del diseño

FUNCTIONAL CLASSIFICATION	RECOMMENDED LEVEL OF RELIABILITY	
	URBAN	RURAL
INTERSTATE, FREEWAYS	95 - 99.9	80 - 99.9
PRINCIPAL ARTERIES	80 - 99	75 - 95
COLLECTORS	80 - 95	75 - 95
LOCAL	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO 93

$R = 90\%$

*Estándar normal desvíate ( Zr )*

**Figura 32**  
*Valores de desviación estándar normal (Zr)*

<b>Confiabilidad R (%)</b>	<b>Desviación Estándar Normal Zr</b>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.9	-3.750

*Fuente: AASHTO 93*

$$Zr = -1.282$$

*Overall estándar desviation ( So )*

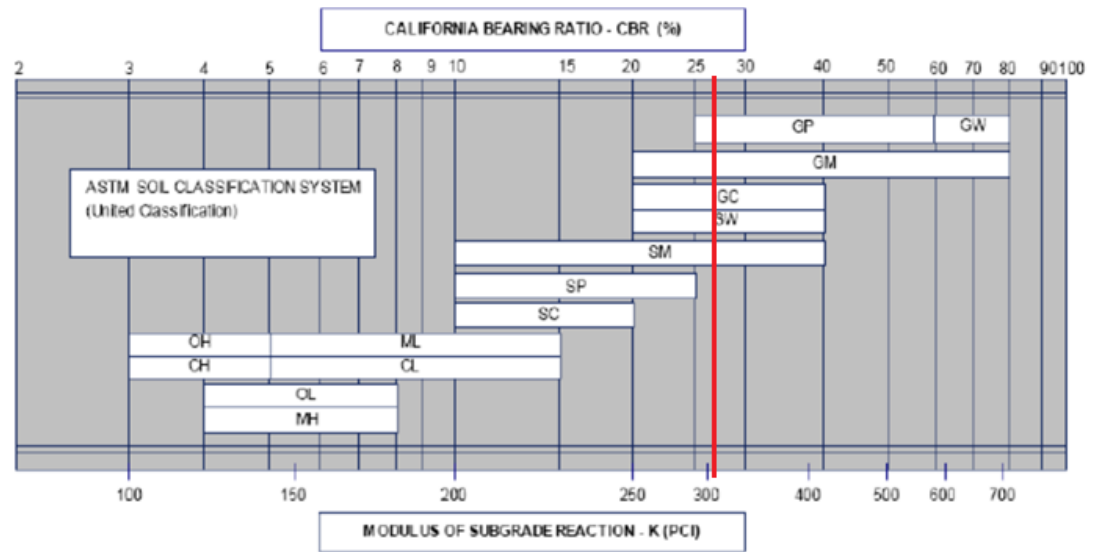
*Confiabilidad en los datos de tráfico*

$$So = 0.35, \text{ gran confiabilidad}$$

*Modulo efectivo de reacción de la Subrasante – k*

**Figura 33**

Correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante



Fuente: AASHTO 93

Reacción  $K$  (pci) = 305

Módulo resiliente de subrasante  $M_r$  (ksi)

$$M_R (\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.65}$$

$M_R = 21765.9$  psi

Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )

$P_i = 4.5$

Serviciabilidad final ( $p_t$ )

$P_t = 2.5$

Periodo de diseño (años)

20 años

Datos de estructuración del pavimento

Coefficiente de transferencia de carga ( $j$ )

Según AASHTO = 3.2

## Coeficiente de drenaje ( cd )

**Figura 34**  
Valores de calidad de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Coeficiente de drenaje en relación al Porcentaje de tiempo que el pavimento está sometido a niveles de saturación y la calidad de drenaje

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

Fuente: AASHTO 93

Son 3 meses de invierno que es el 25% de drenaje al año.

**Figura 35***Diseño de pavimento rígido según AASHTO 93- Excel***DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO - SECCION HOMOGENEA N° 01****METODO AASHTO 1993****20 AÑOS****PROYECTO :** Malecon Huallaga**TRAMO :****SECCION :****FECHA :****1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

A. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f'_c$ ( psi )	3,981
B. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO $E_c$ ( psi )	3,596,424
C. MODULO DE ROTURA $S'_c$ ( psi )	569
D. MODULO ELASTICO DE LA SUB BASE - CBR: 27% ( psi )	14,000

**2. DATOS DE TRAFICO Y OTRAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE**

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL ( W18 )	<b>3.70E+06</b>
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD ( R )	90%
ESTÁNDAR NORMAL DESVIATE ( $Z_r$ )	-1.282
OVERALL ESTÁNDAR DESVIATION ( $S_o$ )	0.35
C. MODULO EFECTIVO DE REACCION DE LA SUBRASANTE- K ( pci )	<b>305</b>
MODULO RESILIENTE DE SUBRASANTE $M_r$ (Ksi)	<b>21.766</b>
D. SERVICIABILIDAD INICIAL ( $p_i$ )	4.5
E. SERVICIABILIDAD FINAL ( $p_f$ )	2.5
F. PERIODO DE DISEÑO ( años )	20

**3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO**

A. COEFICIENTES DE CARGA Y DE DRENAJE	
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA ( J )	3.2
COEFICIENTE DE DRENAJE ( $C_d$ )	1
COEFICIENTE DE PERDIDA DE SOPORTE DE LA SUB BASE (LS)	2
B. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	
ESPESOR DE LA SUB BASE GRANULAR, centímetros	<b>20</b>
ESPESOR DE LOSA ( D ), centímetros	<b>23</b>

*Fuente: Elaborado por el tesista*



**Figura 36**  
Diseño de pavimento rígido según AASHTO 93- software

Tipo de Pavimento		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)	
<input type="radio"/> Pavimento flexible	<input checked="" type="radio"/> Pavimento rígido	90 % Zr=-1.282	So = 0.35
Serviciabilidad inicial y final		Módulo de reacción de la subrasante	
PSI inicial = 4.5	PSI final = 2.5	k = 305	pci
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	3576948.7	Coeficiente de transmisión de carga - (J)	3.2
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	568.8	Coeficiente de drenaje - (Cd)	1
Tipo de Análisis		Espesor de losa (plg)	
<input checked="" type="radio"/> Calcular D	W18 = 3700000	D =	8.8
<input type="radio"/> Calcular W18			
Calcular		Salir	

Fuente: Elaborado por el tesista

### **Análisis del método AASHTO 93:**

En esta metodología de diseño para pavimentos rígidos se establece de igual forma que el diseño para pavimentos flexibles, la determinación de una estructura de pavimento en este caso con concreto hidráulico que soporte un número determinado de ejes equivalente manteniendo unas condiciones de serviciabilidad, con unos materiales de características específicas. Para el desarrollo de esta metodología se tienen en cuenta los siguientes parámetros: la desviación estándar ( $S_o = 0.35$ ), la confiabilidad (90%), Índice de serviciabilidad ( $\Delta P_{si} = 2$ ), el módulo resiliente de la Subrasante, el número de ejes equivalentes, el módulo de rotura ( $M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$ ) y un coeficiente de correlación según las propiedades de la Sub Base, Contemplados estos parámetros y siguiendo la metodología de diseño se obtiene los siguientes resultados.

- Espesor de losa de 8.8" = 22.35 cm

Tomando un valor más conservador el espesor de la losa para el pavimento rígido según la metodología AASHTO93 es de 23 cm.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1 Presentar la contrastación de los resultados del trabajo de investigación**

En la presente tesis se tuvo como objetivo principal realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga de la provincia y región Huánuco.

Suarez (2018), el ingeniero Suarez realizó un análisis similar comparando las metodologías AASHTO 93 y PCA, en donde sus resultados fueron similares al presente estudio debido a que la zona de estudio se encuentra en Huánuco, el análisis de Suarez se llegó a los siguientes datos:

Para una severidad alta se tuvo una falla de losa se observó un 67 %, falla de escala de 50%, falla de grieta línea de 45%, falla de parche grande del 100%, falla de parche pequeño de 57%, falla de punzonamiento de 57%, falla de desconchamiento de 55%, falla de descascaramiento de esquina de 80%, falla de descascaramiento de junta de 100%. Y no se especificó a detalle las severidades medias y bajas, pero tuvo como principal falla o falla más representativa al 28% grieta lineal, 25% losa dividida y 19% escala.

Con todos estos datos se realizó el diseño mediante las metodologías AASHTO 93 y PCA para el Malecón Huallaga, en donde se obtuvo que ambas metodologías poseen un valor del espesor para el pavimento rígido de 23 cm, en donde no se especifica a detalle el espesor mediante la metodología PCA,

pero al final concluye que ambas metodologías son similares en cuanto al diseño del pavimento rígido para el Malecón Huallaga.

En la presente tesis para el análisis de tipo de falla guarda similitud a la tesis de Suarez (2018), en donde de las 10 muestras tomadas en la presente tesis nos dan un total de 811 de losas de fallas en todo el recorrido de la vía del Malecón Huallaga las fallas que se presentan en mayor cantidad son: Grieta lineal, Escala, losa dividida, Desconchamiento, con 210, 135, 135 y 135 losas respectivamente.

- Falla de losa dividida se tiene un 70% de severidad alta, un 22% de severidad media y un 8 % de severidad baja.
- Falla de escala se tiene un 48% de severidad alta, un 33% de severidad media y un 19 % de severidad baja.
- Falla de grieta lineal se tiene un 45% de severidad alta, un 36% de severidad media y un 19 % de severidad baja.
- Falla de parche grande se tiene un 56% de severidad alta, un 22% de severidad media y un 22 % de severidad baja.
- Falla de parche pequeño se tiene un 50% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 25 % de severidad baja.
- Falla de punzonamiento se tiene un 50% de severidad alta, un 38% de severidad media y un 12 % de severidad baja.
- Falla de desconchamiento se tiene un 33% de severidad alta, un 48% de severidad media y un 19 % de severidad baja.
- Falla de descascaramineto de esquina se tiene un 75% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 0% de severidad baja.

- Falla de descascaramiento de junta se tiene un 75% de severidad alta, un 25% de severidad media y un 0% de severidad baja.

Y finalmente se obtiene que las fallas más significativas son grieta lineal se tiene un 26%, desconchamiento, escala y losa dividida se tiene un 17% y el resto de fallas son menores del 10%.

Para el diseño del pavimento rígido del malecón Huallaga según las metodologías AASHTO 93 y PCA, nos resulta un espesor de estructura de pavimento, se siendo el método con menor espesor es el método PCA en comparación con el método AASHTO, lo que demuestra que el análisis más económico y rentable es el método PCA.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que al realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA, nos resulta un espesor de estructura de pavimento, se siendo el método con menor espesor es el método PCA en comparación con el método AASHTO, lo que demuestra que el análisis más económico y rentable es el método PCA.
- Se concluye que el valor actual de la condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI del pavimento rígido del Malecón Huallaga es de 6 siendo una clasificación según el ASTM D6433 que ha fallado el pavimento.
- Se concluye que al emplear la metodología PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga se obtiene un espesor para el pavimento de 20cm.
- Se concluye que al emplear la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga se obtiene un espesor para el pavimento de 23cm.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis comparativo más específico con un tamaño de muestra más amplio para ambas metodologías, y también implementar la perspectiva de su conformación técnica y teórica.
- Se recomienda a las autoridades responsables de evaluar y mantener los pavimentos utilicen la metodología PCA, empleando la distribución de fallas por tramos. Esto les permitirá diseñar propuestas de compensación diferenciadas con el objetivo de reducir los costos de reparación y mantenimiento.
- Se recomienda elaborar una propuesta de compensación con el objetivo de disminuir los efectos negativos causados por las grietas de piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados y depresión. El propósito de esta propuesta sería aumentar la duración del tiempo de vida útil de la vía analizada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Amaya, A. y Rojas, E. (2017). Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá (Informe de pregrado). Universidad Santo Tomás: Bogotá.*

*Bullón, K. (2018). Análisis comparativo de las metodologías PCI y VIZIR en la evaluación superficial del pavimento flexible, Lima – 2018 (Informe de pregrado). Universidad César Vallejo: Lima.*

*Cárdenas, J. (2017), Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible, para obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la superficie de rodadura de la avenida Carlos la Torre Cortés, distrito de Huanta, provincia de Huanta, región Ayacucho – agosto 2016 (Informe de pregrado). Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote: Huanta.*

*Chicchón, E. (2018). Aplicación De Las Metodologías Pci Y Vizir En La Evaluación Del Estado Del Pavimento Flexible De La Vía De Evitamiento Sur De La Ciudad De Cajamarca (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte: Trujillo.*

*Coy, O. (2017). Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52ª a 53C comparando los métodos VIZIR Y PCI (Informe de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada: Colombia.*

*Ghouse, M.; Mirza, A.; Malik, M.; Jawed, A. y Mohammed, A. (2017). Failures in Flexible Pavements and Remedial Measures. Revista de International Journal of Research, 4 (1), 945 – 952.*



*Guaranda, B. (2017). Análisis Comparativo De Los Métodos Vizir – Pci Aplicada En Pavimento Flexible Vía Jipijapa – La Mona, Cantón Jipijapa (Tesis de pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí: Ecuador.*

*INEI (2017). Perú: Encuesta demográfica (Informe técnico). INEI: Lima.*

*Loayza, C. y Benites, J. (2019). Evaluación del pavimento flexible mediante métodos del PCI y VIZIR en el tramo de la carretera de Monsefú - puerto Etén (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo: Chiclayo.*

*Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Manual de Carreteras (Informe Técnico). MTC: Lima.*

*Morales, M. (2019). Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión: Juliaca.*

*Murga, C. y Zerpa, R. (2019). Determinación del estado de conservación superficial del pavimento flexible aplicando los métodos del PCI y VIZIR en la avenida costa rica y prolongación César Vallejo, Trujillo (Informe de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego: Trujillo.*

*Peraza, A. (2016). Evaluación de un tramo de la carretera rural Santa Clara entronque Vuelta aplicando el método "Pavement Condition Index" y los métodos cubanos (Tesis de pregrado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas: Santa Clara.*

*Porta, S. (2016). Evaluación y comparación de metodologías índice de condición de pavimentos (PCI) y visión e inspección de zonas e itinerarios en riesgo (VIZIR) en la avenida mariscal castilla, tramo: fundo el porvenir -La*

*Victoria (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú: Huancayo.*

*Sierra, C. y Rivas, A. (2016). Aplicación Y Comparación De Las Diferentes Metodologías De Diagnostico Para La Conservación Y Mantenimiento Del Tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 De La Vía Al Llano (Dg 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) En La Upz. Yomasa (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia: Colombia.*

*Cotrina, L. (2020). Aplicación del método PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para evaluar pavimentos flexibles en la progresiva 46+600-51+600, Yanahuanca- Cerro De Pasco 2019 (Informe de pregrado). Universidad de Huánuco: Huánuco.*

## **ANEXOS:**

## ANEXO N°1: Consentimiento informado



**NOVA PERÚ SAC**

INGENIEROS CONSULTORES & CONTRATISTAS

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

### **CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN DE PROYECTO DE TESIS**

La empresa NOVA PERÚ INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C. con RUC: 20609484692, con domicilio legal en Av. Santa Zofora Mr. B Lt.07, consiento que la Srta. **AYALA AMBIGHO, LUZ YUDITH** identificado con DNI. N.° 71898027 y Srta. **HUACHO SUSANIVAR, INES** identificado con DNI. N.° 72289678, perteneciente al Programa de fortalecimiento en investigación de la Universidad Nacional

~~Hermilio Valdizán~~ de Huánuco, realizará su proyecto de investigación de tesis titulado **"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PGA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2025"** en mi representada.

Así mismo, se me ha explicado que, durante el desarrollo de su investigación, se le brindo los expedientes técnicos de proyectos de pavimentación referentes al tema de investigación y

Por tanto, en señal de conformidad a lo expuesto firmo el presente documento.

Huánuco, 07 de junio de 2023.

~~Jhonatan Jaramillo~~ Trinidad  
**Nova PERÚ S.A.C.**  
RUC: 20609484692

## ANEXO N°2: Matriz de consistencia

**Tabla 24**  
*Matriz de consistencia.*

<b>TÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023</b>						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Metodología
<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>				<b>Enfoque</b>
¿Cómo realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?	Realizar el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	En el análisis comparativo entre las metodologías AASHTO 93 y PCA, la metodología PCA es más viable que la AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.		Se trata de metodologías o normas que se emplea para el diseño del pavimento rígido.	AASHTO 93  PCA	Será cuantitativo
<b>Problema específico:</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específico</b>				<b>Alcance o nivel</b>
¿Cómo identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?	Identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	El identificar el índice de condición del pavimento rígido empleando la metodología PCI mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	<b>Variable independiente:</b> Metodologías AASHTO 93 Y PCA			El alcance es descriptivo
¿Cómo determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?	Determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	El determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología PCA mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	<b>Variable dependiente:</b> Pavimento rígido	Es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante.	Diseño de pavimento rígido	<b>Diseño</b>
¿Cómo determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023?	Determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.	El determinar la estructura del pavimento rígido empleando la metodología AASHTO 93 mejora el diseño del pavimento rígido del Malecón Huallaga, Huanuco-2023.				Es no experimental

*Fuente: Elaborado por el tesista*

# ANEXO N°3: Análisis de estudio de suelos

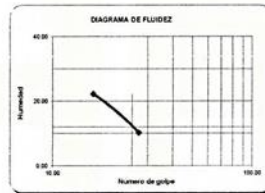


EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

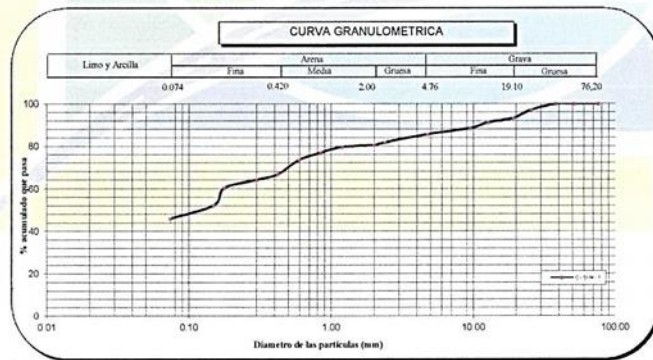
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILUS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-01

Muestra		C-01	
Profundidad (m)		M-1 0.60-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMILLO PORCENTAJE ACTUADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3*	75.200	100.0
	2*	50.800	100.0
	1 1/2*	38.100	100.0
	1*	25.400	97.1
	3/4*	19.100	93.2
	1/2*	12.700	91.1
	3/8*	9.520	88.5
	N° 4	4.760	85.5
	N° 8	2.380	81.8
	N° 10	2.000	80.6
	N° 16	1.190	79.7
	N° 20	0.840	77.0
	N° 30	0.590	73.4
	N° 40	0.420	66.7
	N° 50	0.297	64.1
	N° 80	0.177	60.5
	N° 100	0.149	52.3
	N° 200	0.074	46.0
Contenido de Humedad (%)		4.20	
Límite Líquido (LL) (%)		12	
Límite Plástico (LP) (%)		10	
Índice Plástico (IP) (%)		2	
Clasificación (S.U.C.S.)		SM	
Clasificación (AASHTO)		A-4	
Índice de Grupo		2	
Nombre de grupo : Arena limosa			



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	6.77	14.46
	GF%	7.69	
% Arena	AG%	4.93	39.55
	AM%	13.88	
% Finos	AF%	20.74	45.99



Archivo: Clasificacion Reporte

Descripción (AASHTO) : REG-MALO



Elio Augusto Saavedra  
1871122907000103256005 CONCEJO LOCAL

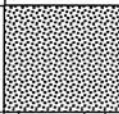



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular: (052) 982634923  
RPM: #990844 #982967000  
Fono: 062-517612  
E-mail: logistica@labortecekl.com

**REGISTRO DE SONDAJE**

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-01

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00		Losa de concreto		
0.08				
0.15				
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Arena limosa	SM	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular : (062) 982634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612



*Elio Augusto Saavedra*  
Elio Augusto Saavedra O.  
INGENIERO EN SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



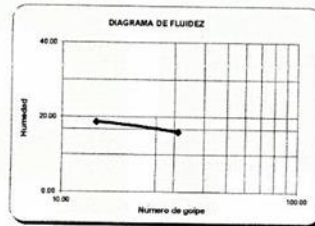
*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

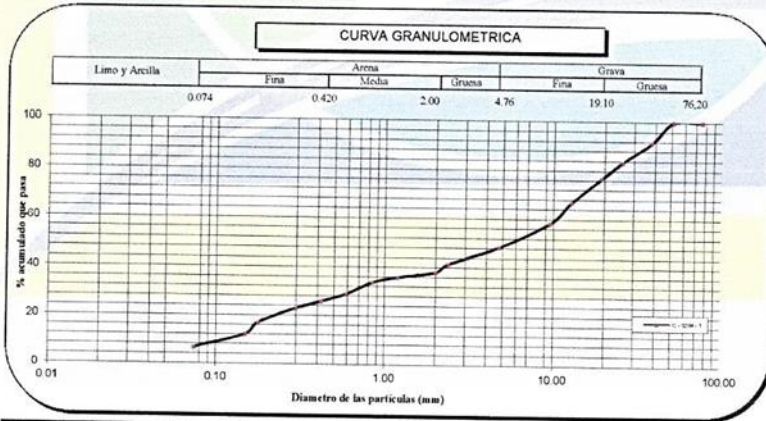
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-02

Calicata	C - 02	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACTUADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad (%)	8.10	
Límite Líquido (LL) (%)	17	
Límite Plástico (LP) (%)	NP	
Índice Plástico (IP) (%)	NP	
Clasificación (S.U.C.S.)	GP - GM	
Clasificación (AASHTO)	A-1-a	
Índice de Grupo	0	



Distribución Granulométrica

% Grava	GC%	23.31
	GP%	28.19
		51.50
% Arena	AG%	10.45
	AM%	12.27
	AP%	19.20
		41.93
% Finos		6.58



Archivo: Clasificacion Reporte

Descripción (AASHTO) BUENO

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (052) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062 517612  
E-mail : logistica@labortec.com



*Elio Augusto Saavedra*  
ING. ELIO AUGUSTO SAAVEDRA  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
ING. RIDER CAJALEÓN JARAMILLO  
CIP Nº 169667



### REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-02

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.08				
0.15		Losa de concreto		
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con limo y arena	GP - GM	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular: (062) 962634923  
RPM: #990844 - #962987000  
Fono: 062-517612  
E-mail: hgrsboa@labortecei.com



*Elio Augusto Saavedra C.*  
Elio Augusto Saavedra C.  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



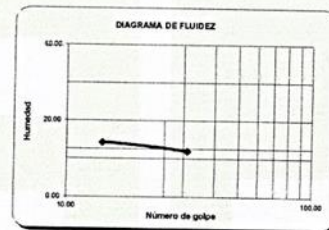
*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-03

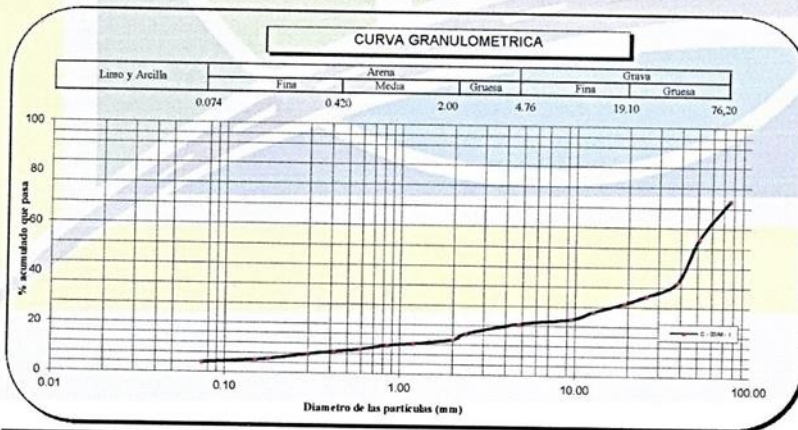
Calicata	C - 03	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	5.40
Límite Líquido (LL)	(%)	13
Límite Plástico (LP)	(%)	NP
Índice Plástico (IP)	(%)	NP
Clasificación (S.U.C.S.)		GP
Clasificación (AASHTO)		A-1-n
Índice de Grupo		0

Nombre de grupo : Grava pobremente gradada con arena



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	41.59
	GP%	8.72
% Arena	AG%	6.55
	AM%	5.32
	AF%	4.85
% Finos		4.09



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO) BUENO

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
Celular : (062) 962634923  
RPM : #990844 - #962987000  
Fono : 062-517612  
E-mail : logistica@labortecir.com



*Elio Augusto Saavedra C*  
TEC. LAS ESPECIALIDADES DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



*Ing. Kider Cajaleón Jaramillo*  
CIP Nº 169667

### REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023

UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

FECHA: CALICATA: C-03

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.08				
0.15		Losa de concreto		
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con arena	GP	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular: (052) 962634923  
RPM: #990844 - #962987000  
Fono: 062-517812  
E-mail: logistica@laboritec.com



*Elio Augusto Saavedra C.*  
Elio Augusto Saavedra C.  
ING. ESPECIALISTA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



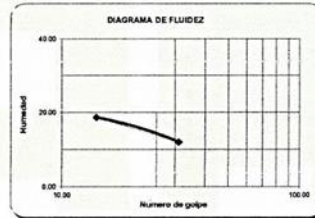
*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667



ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-04

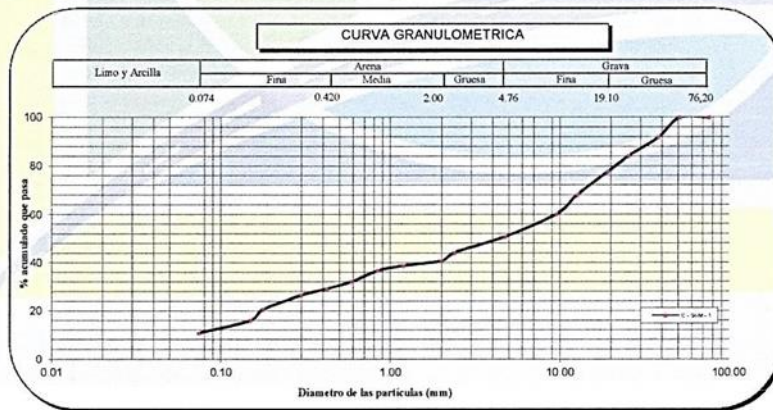
Calicata	C - 04	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TALLADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Apertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	7.70
Límite Líquido (LL)	(%)	14
Límite Plástico (LP)	(%)	NP
Índice Plástico (IP)	(%)	NP
Clasificación (S.U.C.S.)	GP - GM	
Clasificación (AASHTO)	A-1-a	
Índice de Grupo	0	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	22.25
	GF%	26.91
% Arena	AG%	9.98
	AM%	11.72
% Finos	AP%	18.33
		40.02
		10.82

Nombre de grupo : Grava pobremente gradada con limo y arena



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO) : BUENO

### REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023  
UBICACIÓN: MALECÓN HUALLAGA DISTRITO DE AMARILIS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO  
FECHA: CALICATA: C-03

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.08				
0.15		Losa de concreto		
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con limo y arena	GP - GM	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
Celular: (062) 962634923  
RPM: #980844 - #962987000  
Fono: 062-517612  
E-mail: logistica@labortecsl.com



*Elio Augusto Saavedra*  
Elio Augusto Saavedra  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



*Ing. Kider Cajaleón Jaramillo*  
Ing. Kider Cajaleón Jaramillo  
CIP N° 169667









**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 03 días del mes de agosto de 2023, siendo las 18.30 pm, se dará cumplimiento a la Resolución de Decano N°576-2022-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°585-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 01.AGO.2023 (Fijando fecha y hora de sustentación de tesis), en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL (Aprobando el procedimiento de la Sustentación de Tesis), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación en acto público), presencial de tesis titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de los Bachilleres **INES HUACHO SUSANIVAR y LUZ YUDITH AYALA AMBICHO**, reuniéndose en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, el jurado examinador integrado por los Docentes: Dr. Arq. Víctor Manuel Goicochea PRESIDENTE – Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara, SECRETARIO – Mg. Ing. Rissel Machuca Guardia, VOCAL y los bachilleres mencionado, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación de tesis y obtener el **Título Profesional de Ingeniero Civil** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

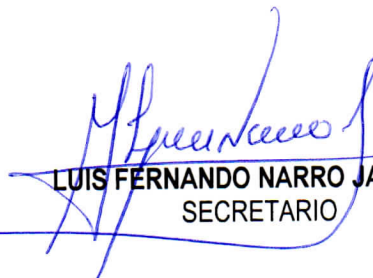
Concluido el acto de defensa los miembros de jurado, procedió a la evaluación de los aspirantes al Título Profesional de Ingeniero Civil, obteniendo luego el resultado siguiente:

APPELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
HUACHO SUSANIVAR INES	APROBADO	JS	BUENO
AYALA AMBICHO LUZ YUDITH	APROBADO	JS	BUENO

Calificación que se realizó de acuerdo a la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL - Título VII- Capítulo VI Art.78 Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán

Dándose por finalizado dicho acto a las 08:10 p.m. del mismo día 03/08/2023 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

  
**VÍCTOR MANUEL GOICOCHÉA VARGAS**  
 PRESIDENTE

  
**LUIS FERNANDO NARRO JARA**  
 SECRETARIO

  
**RISSEL MACHUCA GUARDIA**  
 VOCAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°035-2023- DI/FICyA

El director de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco

**HACE CONSTAR** que:

La Tesis **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023** de las Bachiller **AYALA AMBICHO, Luz Yudith** y **HUACHO SUSANIVAR, Inés** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Cuenta con un índice de similitud del **29 %** verificable en el Reporte de Originalidad del software anti-plagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 25 de agosto del 2023



Dr. José Luís VILLAVICENCIO GUARDIA  
Director de Investigación

Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura



NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL**

AUTOR

**AYALA AMBICHO, Luz Yudith HUACHO S USANIVAR, Inés**

RECUENTO DE PALABRAS

**12078 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**60617 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**106 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**16.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 25, 2023 4:30 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 25, 2023 4:31 PM GMT-5**


● **29% de similitud general**

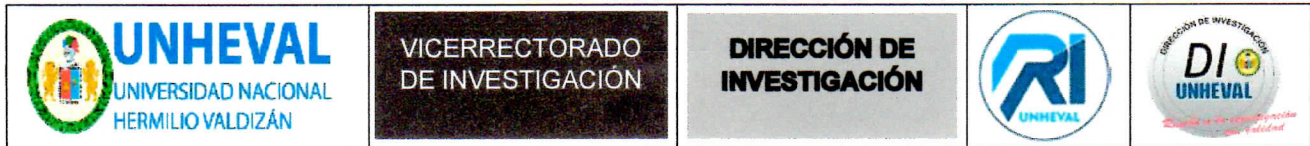
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 26% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado

  
-----  
Dr. Ing. Jose Luis Villavicencio Guardia  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DOCENTE DE LA FICA



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

### 1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

<b>Pregrado</b>	X	<b>Segunda Especialidad</b>		<b>Posgrado:</b>	<b>Maestría</b>		<b>Doctorado</b>	
-----------------	---	-----------------------------	--	------------------	-----------------	--	------------------	--

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	INGENIERIA CIVÍL Y ARQUITECTURA
<b>Escuela Profesional</b>	INGENIERIA CIVÍL
<b>Carrera Profesional</b>	INGENIERIA CIVÍL
<b>Grado que otorga</b>	-----
<b>Título que otorga</b>	INGENIERO CIVÍL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	-----
<b>Nombre del programa</b>	-----
<b>Título que Otorga</b>	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Nombre del Programa de estudio</b>	-----
<b>Grado que otorga</b>	-----

### 2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

<b>Apellidos y Nombres:</b>	AYALA AMBICHO, LUZ YUDITH						
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b> 998329769
<b>Nro. de Documento:</b>	71898027				<b>Correo Electrónico:</b> yudith_29v@hotmail.com		

<b>Apellidos y Nombres:</b>	HUACHO SUSANIVAR, INES						
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b> 978200371
<b>Nro. de Documento:</b>	72289578				<b>Correo Electrónico:</b> ineshuacho774@gmail.com		

<b>Apellidos y Nombres:</b>							
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI		Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b>
<b>Nro. de Documento:</b>					<b>Correo Electrónico:</b>		

### 3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

<b>¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:</b> (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO	
<b>Apellidos y Nombres:</b>	ALCEDO DIAZ, CHARLES JIAMMY			<b>ORCID ID:</b> <a href="https://orcid.org/0000-0002-1973-5424">https://orcid.org/0000-0002-1973-5424</a>
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte	
			C.E.	
<b>Nro. de documento:</b>	40033614			

### 4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

<b>Presidente:</b>	GOICOCHEA VARGAS, VÍCTOR MANUEL
<b>Secretario:</b>	NARRO JARA LUIS FERNANDO
<b>Vocal:</b>	MACHUCA GUARDIA RISSEL
<b>Accesitario</b>	ABAL GARCÍA BLADIMIR





**5. Declaración Jurada:** (Ingrese todos los datos requeridos completos)

<b>a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado:</b> (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL MALECÓN HUALLAGA, HUANUCO-2023
<b>b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de:</b> (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.





**6. Datos del Documento Digital a Publicar:** (Ingrese todos los datos requeridos completos)

<b>Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación:</b> (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023
<b>Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional:</b> (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
<b>Palabras Clave:</b> (solo se requieren 3 palabras)	METODOLOGÍA	AASHTO	PCA
<b>Tipo de Acceso:</b> (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
<b>¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora?</b> (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI		NO X
<b>Información de la Agencia Patrocinadora:</b>			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
<b>Apellidos y Nombres:</b>	AYALA AMBICHO, LUZ YUDITH	<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>	71898027	
Firma: 		
<b>Apellidos y Nombres:</b>	HUACHO SUSANIVAR, INES	<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>	72289578	
Firma:		
<b>Apellidos y Nombres:</b>		<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>		
<b>Fecha: 04/09/2023</b>		

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.