

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Aplicación del cálculo mecanicista para la optimización del
diseño empírico de pavimentos en el malecón Daniel Alomía
Robles, Huánuco, 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Huere Orihuela, Abel Domingo

ASESOR: Felipe Matias, Elbio Fernando

HUÁNUCO – PERÚ
2025

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Transporte

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73489478

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 80037356

Grado/Título: Master en ingeniería civil con mención en ingeniería vial

Código ORCID: 0009-0006-3387-9498

DATOS DE LOS JURADOS:

H

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día viernes 25 de abril de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO	PRESIDENTE
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	SECRETARIA
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	VOCAL

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0711-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "APLICACIÓN DEL CÁLCULO MECANICISTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO EMPÍRICO DE PAVIMENTOS EN EL MALECÓN DANIEL ALOMÍA ROBLES, HUÁNUCO, 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Abel Domingo HUERE ORIHUELA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **11** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **04:22 pm** horas del día 25 del mes de abril del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO

DNI: 22498065

ORCID: 0000-0002-4641-3797

PRESIDENTE

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

SECRETARIO (A)

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ABEL DOMINGO HUERE ORIHUELA, de la investigación titulada "Aplicación del cálculo mecanicista para la optimización del diseño empírico de pavimentos en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023", con asesor(a) ELBIO FERNANDO FELIPE MATIAS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1198-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 23 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

27. Abel Domingo, HUERE ORIHUELA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

1%

5

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mi madre, por su incondicional apoyo y brindarme ánimos en todo este tiempo, ella es y será mi mayor motivo e inspiración para mi vida profesional, también para mis abuelos que siempre confiaron en mí, contar con ellos fue mi mayor bendición.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad de Huánuco por permitirme ser parte de su alumnado, también por brindarme y satisfacer mi hambre de saber.

Mi reconocimiento a los docentes de la Escuela de ingeniería civil por brindarme sus conocimientos y experiencias en las amplias ramas de la carrera que fueron fundamental para poder lograr el desarrollo de esta investigación.

Mi agradecimiento para mis compañeros de aula que me apoyaron en los trabajos universitarios y en mi formación como profesional.

Y por último a mi asesor Ing. Elbio Fernando, Felipe Matías por brindarme su tiempo y paciencia para poder guiarme en esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS	19
1.3. OBJETIVOS GENERAL.....	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	20
1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	21
1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	22
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24

2.1.1.	A NIVEL INTERNACIONALL.....	24
2.1.2.	A NIVEL NACIONALL.....	28
2.1.3.	A NIVEL LOCAL.....	31
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	34
2.2.1.	PAVIMENTO.....	34
2.2.2.	ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO RÍGIDO.....	35
2.2.3.	MÉTODO AASHTO 93 PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	39
2.2.4.	SECCIONES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO....	42
2.2.5.	JUNTAS.....	47
2.2.6.	BERMAS.....	49
2.2.7.	MÉTODO MATEMÁTICO O MECANICISTA.....	49
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	59
2.4.	HIPÓTESIS.....	61
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	61
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	61
2.5.	VARIABLES.....	61
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	61
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	61
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	62
CAPÍTULO III.....		63
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		63
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.1.1.	ENFOQUE.....	63
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	63
3.1.3.	DISEÑO.....	63
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	63
3.2.1.	POBLACIÓN.....	63

3.2.2. MUESTRA.....	63
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS....	64
3.3.1. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS.	64
3.3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	64
CAPÍTULO IV.....	65
RESULTADOS.....	65
4.1. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	65
4.1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18). .	69
4.2. DISEÑO EMPÍRICO.....	71
4.2.1. VARIABLES DE TIEMPO.....	71
4.2.2. CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	72
4.2.3. SERVICIABILIDAD.....	72
4.2.4. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE.....	72
4.2.5. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES PARA EL PAVIMENTO.....	73
4.2.6. DRENAJE.....	73
4.2.7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA.....	74
4.2.8. CALCULO DE ESPESOR.....	74
4.2.9. DISEÑO DE BARRAS PASA JUNTAS.....	75
4.2.10. BARRAS DE AMARRE.....	75
4.2.11. DISEÑO DE JUNTAS.....	75
4.3. CALCULO MECANICISTA.....	76
4.3.1. ANÁLISIS DE GRADIENTE PARA ALABEO CONSTRUCTIVO. 76	
4.3.2. ANÁLISIS DE TENSIONES PARA ESPECTROS DE CARGA BAJO CONDICIONES CLIMATICAS.....	82

4.4. DISEÑO DE VEREDAS.....	87
4.5. ANÁLISIS DEL PAVIMENTO ACTUAL PARA LA COMPARACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	88
CAPÍTULO V.....	89
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	89
5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	89
5.2. PAVIMENTO RÍGIDO.....	97
5.3. VEREDAS.....	98
5.4. ANÁLISIS DE COSTOS.....	100
5.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	101
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operación de variables	62
Tabla 2 Factor de corrección de vehículos ligeros peaje AMBO.....	65
Tabla 3 Factor de corrección de vehículos ligeros peaje AMBO.....	66
Tabla 4 Tasa de crecimiento Anual de Vehículos ligeros (2010-2020)	66
Tabla 5 Tasa de crecimiento anual de vehículos pesados (2010-2020)	66
Tabla 6 Cálculo del IMDa.....	68
Tabla 7 Relación de cargas por eje para determinar Ejes equiva alentes, para pavimentos rígidos.....	69
Tabla 8 Relación de cargas por tipo de vehículo para determinar ejes equiva alentes, para pavimento rígido.....	69
Tabla 9 Cálculo de ESAL's	71
Tabla 10 Resumen del CBR	72
Tabla 11 CBR de diseño.....	73
Tabla 12 Días de exposición del pavimento a la saturación	73
Tabla 13 Comparación de variables - variación en espesor de Losa.....	94
Tabla 14 Evaluación de costos en concreto y acero.....	100
Tabla 15 Resumen de costos	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura pavimento flexible.....	34
Figura 2 Estructura pavimento rígido.....	35
Figura 3 Estabilización de la subrasante	36
Figura 4 Refuerzos en la subbase del pavimento.....	37
Figura 5 CBR y módulo de reacción de la subrasante	41
Figura 6 Espesor de losa para $J=2.8$	43
Figura 7 Espesor de losa $J=3.2$	44
Figura 8 Espesor de losa para $J=3.8$	45
Figura 9 Espesor de losa para $J=4.0$	46
Figura 10 Idealización del método Winkler	51
Figura 11 Alabeo de losas	54
Figura 12 Tensión transversal superior para gradiente -30°C	76
Figura 13 Tensión longitudinal superior para gradiente -30°C	77
Figura 14 Tensión inferior para gradiente -30°C	78
Figura 15 Tensión longitudinal inferior para gradiente -30°C	78
Figura 16 Deflexión para gradiente -30°C	79
Figura 17 Tensión transversal superior para gradiente 30°C	79
Figura 18 Tensión longitudinal superior para gradiente 30°C	80
Figura 19 Tensión transversal inferior para gradiente 30°C	80
Figura 20 Tensión longitudinal inferior para gradiente 30°C	81
Figura 21 Deflexión para gradiente 30°C	81
Figura 22 Modelo para carga esquina	82
Figura 23 Tensiones carga esquina gradiente -16°C	82
Figura 24 Deflexiones carga esquina gradiente -16°C	83
Figura 25 Tensiones carga esquina gradiente 16°C	83
Figura 26 Deflexiones carga esquina gradiente 16°C	84
Figura 27 Modelo carga central	84
Figura 28 Tensiones carga central gradiente -16°C	85
Figura 29 Deflexiones carga central gradiente -16°C	85
Figura 30 Tensiones carga central gradiente 16°C	86
Figura 31 Deflexiones carga central gradiente 16°C	86
Figura 32 Tensiones en veredas gradiente -25°C	87

Figura 33 Deflexiones en veredas gradiente -25°C	87
Figura 34 Tensión en Losa 4mx10m gradiente -30°C	88
Figura 35 Deflexión en losa 4mx10m gradiente -30°C	88
Figura 36 Espesor - Confiabilidad	89
Figura 37 Espesor - Desviación estándar.....	89
Figura 38 Espesor - Módulo de elasticidad.....	90
Figura 39 Espesor - Coeficiente de transferencia de carga.....	90
Figura 40 Espesor - ESAL'S.....	91
Figura 41 Espesor - Módulo de rotura	91
Figura 42 Espesor - Índice de serviciabilidad	92
Figura 43 Espesor - Índice serviciabilidad final.....	92
Figura 44 Espesor - Subrasante	93
Figura 45 Espesor - Coeficiente de drenaje	93
Figura 46 IMDA	95
Figura 47 f. IMDA RÍGIDO.....	96
Figura 48 f'c del concreto de 28MPa - Días.....	97
Figura 49 Módulo de rotura del concreto - Días	97
Figura 50 f'c del concreto 17.5MPa - Días.....	98
Figura 51 Módulo de rotura del concreto 17.5MPa - Días	99

RESUMEN

La presente investigación titulada “Aplicación del Cálculo Mecanicista para la Optimización del Diseño Empírico de Pavimentos en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023.” Tiene como objetivo diseñar un pavimento óptimo para pistas y veredas integrando el cálculo mecanicista en el diseño empírico, la metodología esta investigación es tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, un nivel explicativo y diseño no experimental transversal. Para poder aplicar la metodología empírica se realizó el estudio de tráfico en la calzada con mayor tránsito, se obtuvo un ESAL's de 8 470 460, con el fin de replicar el diseño en la otra calzada, se obtuvo 20cm de espesor para las variables de: 20 años de período de diseño, un índice de serviciabilidad inicial de 4.50 e índice de serviciabilidad final de 2.25, un factor de confiabilidad del 80%, una desviación estándar de 0.34, un concreto de $f'c= 3\ 974.17\text{psi}$, módulo de elasticidad de $3\ 593\ 345.10\ \text{psi}$ y módulo de rotura de 644.81psi . Un valor de la reacción de la subrasante $k=217.30\ \text{pci}$, un valor de 2.7 para la transferencia de carga y finalmente un valor de 1 para el coeficiente de drenaje. Se analizó una losa cuadrada de $4\text{m} \times 4\text{m}$ bajo un gradiente $\pm 30^\circ\text{C}$ y también con bermas, barras de amarra y pasa juntas para un caso de carga de un camión T3S3S2 con un gradiente $\pm 16^\circ\text{C}$. Las tensiones máximas fueron 1352kPa y 3706kPa a y las deflexiones 0.064cm y 0.169cm respectivamente. Una losa de 4 metros x 4 metros propuesta respecto a una losa de 4.5 metros x 10 metros existente, se verá menos sobre esforzada por los gradientes térmicos, dando como resultado menos costos de mantenimiento en los materiales tanto como concreto y acero siendo un 13% menos costosa para una misma área de losa. Las tensiones máximas calculadas para las veredas con 10 centímetros de espesor y 1.5 metros x 2 metros con gradiente -25°C fue de 587kPa y la deflexión 0.027cm .

Palabras clave: pavimento, losa de concreto, tensiones en losas de concreto, deflexiones en losas de concreto, gradiente térmico en losas de concreto, estudio de tráfico.

ABSTRACT

The present research titled “Application of Mechanistic Calculation for the Optimization of the Empirical Design of Pavements on the Daniel Alomía Robles Boardwalk, Huánuco, 2023.” aims to design an optimal pavement for roads and sidewalks by integrating mechanistic calculation into empirical design. The methodology of this research is applied, with a quantitative approach, an explanatory level, and a non-experimental cross-sectional design. To apply the empirical methodology, a traffic study was conducted on the roadway with the highest traffic volume, resulting in an ESAL of 8,470,460. To replicate the design on the other roadway, a thickness of 20 cm was determined for the following variables: a 20-year design period, an initial serviceability index of 4.50, a final serviceability index of 2.25, a reliability factor of 80%, a standard deviation of 0.34, concrete with $f'c = 3,974.17$ psi, an elastic modulus of 3,593,345.10 psi, and a rupture modulus of 644.81 psi. The subgrade reaction value was $k = 217.30$ pci, with a load transfer value of 2.7 and a drainage coefficient of 1. A square slab of 4m x 4m was analyzed under a temperature gradient of $\pm 30^{\circ}\text{C}$, including berms, tie bars, and joints for a load case of a truck T3S3S2 with a gradient of $\pm 16^{\circ}\text{C}$. The maximum stresses were 1352 kPa and 3706 kPa, with deflections of 0.064 cm and 0.169 cm, respectively. A proposed 4m x 4m slab compared to an existing 4.5m x 10m slab will experience less overstressing due to thermal gradients, resulting in lower maintenance costs for materials such as concrete and steel, being 13% less costly for the same slab area. The maximum calculated stresses for sidewalks with a thickness of 10 cm and dimensions of 1.5m x 2m under a gradient of -25°C were 587 kPa, with a deflection of 0.027 cm.

Keywords: pavement, concrete slab, stresses in concrete slabs, deflections in concrete slabs, thermal gradient in concrete slabs, traffic study.

INTRODUCCIÓN

En el Perú nos basamos en normas americanas por su gran avance, pero no siempre vamos a la vanguardia con estas, debido a esto los profesionales se encuentran limitados a los últimos avances, para evitar observaciones en los proyectos ingenieriles.

Huánuco es una ciudad en vías de desarrollo, que constantemente aumenta el comercio y con esto las demandas de infraestructuras viales, por tal motivo en los últimos años hubo varios mantenimientos y construcciones de pavimento en el interior de la ciudad con el fin de mejorar la transitabilidad vehicular, estas obras ingenieriles a pesar de que no requieren análisis rigurosos, y muchas veces se tiende a diseñarlas bajo métodos empíricos aplicados en zonas con distintas características a nuestra región, por esto, no resulta tan eficiente debido a los cambios climatológicos, con el fin de mejorar estos diseños existen teorías que se basan en análisis mecánicos para evaluar el comportamiento del pavimento sometido al contexto que va a requerir cada proyecto.

Si bien existen varios métodos de poder diseñar este tipo de pavimentos con investigaciones más recientes las normas peruanas aún consideran vigentes normas como la AASHTO 93 en el Manual de carreteras del MTC, y en esta investigación vamos a diseñar mediante este método empírico el pavimento en el jr. Malecón Daniel Alomía Robles y a su vez integrar cálculos mecanicistas poder analizar las losas de concreto propuestas y existentes, para tener un mejor panorama en el diseño de pavimentos, si bien ya existen investigaciones en el lugar que coinciden que deberían ser reemplazadas, en esta investigación buscamos optimizar la infraestructura nueva mediante la evaluación de su comportamiento bajo cargas vehiculares y variaciones térmicas con el Software ISLAB2005, para conseguir un mejor diseño considerando las variables que no se encuentren señaladas en las normas nacionales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según el INEI, desde el 2013 al 2020 hubo un total 22 904 víctimas en todo el Perú. Huánuco cuenta con un total de 642 víctimas en el mismo período, situándose en el puesto N°14, un puesto antes de Ayacucho y un puesto después de Lambayeque, siendo el año 2015 donde hubo la mayor cantidad de víctimas con un total de 120 y el año 2016 el menor con un total de 55 víctimas. (Instituto nacional de estadística e informática, s.f.)

La implementación de pistas y veredas influyen en el mejoramiento sostenible de una ciudad; por ende, también deberían mantenerse en un buen estado para su funcionamiento, de lo contrario estas se vuelven contraproducentes y generan congestión y accidentes. (Ministerio de vivienda, construcción y sanemaiento, 2021)

En Huánuco las pistas y veredas se encuentran en un mal estado, provocando congestión vehicular y accidentes de tránsito; aparte, Huánuco es una ciudad colonial que se caracteriza por tener calles angostas que limitan más aún el tránsito vehicular; si bien Huánuco se encuentra en pleno desarrollo con la llegada de centros comerciales, estas pistas y veredas no se encuentran diseñadas para el tránsito actual. (Canchari de la Cruz, 2021)

Si bien en el Malecón Daniel Alomía Robles se hicieron actividades de modernización, estas no influyen en la mejora del tránsito vehicular ni seguridad peatonal, a su vez no se estima el peligro existente en esta vía, pues en esta zona abunda el comercio y el tránsito, ya que es una de las pocas vías en doble sentido, a su vez colindando con una ribera. Las pistas y veredas en mal estado aumentan la probabilidad de accidentes de tránsito; debido a que fueron diseñadas hace muchos años, cuando no existía la actual demanda vehicular. Estas se encuentran dañadas, no existe algún tipo de mantenimiento y ni plan de protección al peatón. Así mismo es necesario indicar que las vías pierden serviciabilidad aceleradamente esto debido al incremento de viajes al centro y por una deficiente ingeniería en los proyectos

y en su ejecución lo que genera daños cuando la estructura interactúa con el suelo. (Modernizarían el malecón Daniel Alomía Robles de Hco, 2018)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo el cálculo mecanístico optimizará un diseño empírico de pavimento para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- **P1:** ¿Qué mejoras en términos de costos de mantenimiento y desempeño se pueden obtener al aplicar un cálculo mecanístico en el diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?
- **P2:** ¿Cómo se puede integrar el cálculo mecanístico en el diseño empírico de pavimento para veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?
- **P3:** ¿Cuáles son las limitaciones del diseño empírico de pavimento para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Optimizar el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **O1:** Comparar los costos de mantenimiento y desempeño del diseño optimizado mediante cálculos mecanísticos con respecto al diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.
- **O2:** Desarrollar un modelo de cálculo mecanístico adecuado para el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

- **O3:** Evaluar las limitaciones del diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

De acuerdo a (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), se justifica por implicaciones prácticas y de desarrollo, debido a que se desarrollarán procedimientos para incrementar la calidad de vida de la población de Huánuco y de su ambiente. Con esta investigación se podrá resolver el problema de inseguridad vial a los peatones y el tráfico vehicular.

De acuerdo a (Petroski, 1992), se justifica porque la ingeniería al ser elaborada por humanos tiende a existir el error, prevenir, aprender, y mejorar estos errores, hace que la ingeniería sea interactiva a con estos errores en la fase del diseño. Con esta investigación se busca diseñar un pavimento interactuando con los errores existentes del pavimento ya construido, para poder así mejorarlo y prevenir esos errores.

Ante la desatención que existe actualmente sobre las pistas y veredas en la ciudad de Huánuco, como consecuencia tenemos la congestión vehicular y accidentes, a causa de los baches que no cuentan con señalización ni mantenimiento, son peligrosas para el tránsito vehicular y peatonal, algunas de estas pistas y veredas ya colapsaron. (Calles con huecos causan malestar en los transportistas, 2015)

Integrar el cálculo mecanístico en el diseño empírico tradicional puede proporcionar una mayor precisión y optimización en la construcción de pavimentos, abordando las necesidades específicas de la región y las características del suelo y clima de Huánuco. Esta investigación no solo mejorará la durabilidad y el rendimiento de las pistas y veredas, sino que también puede ofrecer una mejor relación costo-beneficio, contribuyendo a una infraestructura más sostenible y eficiente.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El incremento de viajes al centro de la ciudad a consecuencia del crecimiento longitudinal de la ciudad, así como nuevas obras como centros comerciales, hospital de mayor nivel y el cambio de uso de zonas residencial a comercial en el centro de la ciudad viene generando un impacto vial negativo el cual se refleja en mayor congestión y contaminación, eso se agrava a al tener vías colapsadas. La investigación busca dar solución a este problema, disminuyendo la cantidad de accidentes, concientizando lo que genera un mal estado de las pistas y veredas, se pretende aumentar la calidad de seguridad del transporte vehicular y peatonal; beneficiando al desarrollo de la ciudad, a su vez brindar información indispensable para futuros investigadores.

El diseño de pavimentos rígidos es un componente crucial en la infraestructura vial, dado que un pavimento mal diseñado puede generar altos costos de mantenimiento, interrupciones en el tráfico y un menor tiempo de vida útil. En la actualidad, el método empírico AASHTO 93 es uno de los más usados para el diseño de pavimentos debido a su simplicidad y efectividad probada en diversas condiciones. Sin embargo, este enfoque se basa en datos empíricos históricos que no siempre contemplan las particularidades de materiales modernos, mayores cargas vehiculares, o condiciones locales específicas.

Por otro lado, el cálculo mecanicista ofrece un enfoque más detallado y adaptativo al permitir modelar el comportamiento del pavimento bajo diversas cargas y condiciones ambientales a partir de los principios fundamentales de la mecánica de materiales. Al combinar el enfoque empírico del AASHTO 93 con un análisis mecanicista, se pueden obtener diseños de pavimentos más ajustados y optimizados, mejorando tanto la durabilidad como la eficiencia del pavimento.

La justificación práctica de esta tesis radica en que, al aplicar ambos métodos, se busca no solo validar el rendimiento de los pavimentos diseñados bajo criterios establecidos, sino también ofrecer una solución más eficiente y económica para las crecientes demandas

de tráfico y las condiciones de desgaste a largo plazo. Al incorporar el análisis mecanicista, se podrán evaluar de forma más precisa aspectos como las tensiones y deformaciones en las capas del pavimento, optimizando el grosor de la losa y los materiales necesarios, lo que se traduce en un uso más racional de recursos y un diseño más sostenible.

Además, esta combinación permitirá mejorar las técnicas de diseño aplicadas en contextos locales, ya que el AASHTO 93 puede ser adaptado mediante el ajuste de factores empíricos, y el enfoque mecanicista permite un diseño basado en condiciones específicas de cargas y clima. De este modo, el estudio proporcionará resultados que pueden ser implementados de manera práctica en proyectos de infraestructura, reduciendo costos, minimizando el mantenimiento y prolongando la vida útil de las carreteras.

Este enfoque mixto puede servir como base para actualizar normativas de diseño de pavimentos rígidos en la región, contribuyendo significativamente al desarrollo de infraestructuras más duraderas y eficientes.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para poder elaborar esta investigación se tendrá que aplicar métodos de visualización y recopilación de teorías existentes que avalen los planteamientos de la investigación.

La presente investigación surge de la afinidad del investigador sobre las obras civiles, aportando sus conocimientos de la rama de ingeniería de transportes y control de prevención de riesgos.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La vía se encuentra en uso, por ende, no se puede hacer pruebas que involucren alterar su funcionamiento, por eso vamos a recurrir a estudios ya realizados en la vía y pruebas en contextos similares a la vía, además de no involucrar la geometría de la vía en el diseño, por motivos que esta investigación se limita a proponer una mejor transitable y seguridad peatonal más no lidiar con el problema del tráfico. El problema de esta vía se encuentra en el contexto de la ingeniería de transportes, conjuntamente con el sector de control y prevención de riesgos.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Es viable técnicamente, porque está respaldada por la existencia de herramientas avanzadas (ISLAB2005), normativas establecidas (AASHTO 93), la posibilidad de aplicar datos locales, la formación técnica personal y los beneficios a largo plazo en términos de costos y rendimiento estructural del pavimento. Esto asegura que el proyecto no solo es factible desde un punto de vista técnico, sino que también puede ser implementado de manera eficaz en proyectos de pavimentos reales.

Es viable económicamente, ya que en la fase del proyecto se estimó los gastos necesarios, lo cual resultó acorde con el sustento económico del propio investigador para la elaboración de la tesis, sin la necesidad de una fuente externa de inversión, debido a que la mayor parte de datos se podrá recopilar de estudios ya realizados, ya que es una vía construida y solamente se propone un diseño.

Es viable temporalmente, ya que el tiempo se estima unos 6 meses aproximados de esta manera para obtener, recopilar y calcular todos los datos necesarios, ya que se necesita datos de tráfico, suelos, hidrológicos, topográficos y de seguridad para poder realizar la investigación.

Es viable éticamente, por la razón que esta investigación está relacionada con los estudios del investigador y no va a infringir normas ya que, es una propuesta con fines académicos que no va a contra la moral ni la ética del investigador ni la de los demás.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Bedón (2021), en la tesis “Diseño de pavimentos aplicando la metodología AASHTO 93 mediante la programación de un software interactivo”, el objetivo principal de esta tesis, es elaborar un software que va a identificar los parámetros que se considera en las normas AASHTO 93 y resolver las ecuaciones con el fin de diseñar pavimentos rígidos y flexibles, siendo indispensable conocer el lenguaje de programación que se va a usar para elaborar códigos de acuerdo a las necesidades del software, dicho software tiene que ser de fácil uso y manipulación, también se pondrá a prueba en un diseño de un pavimento flexible para ver los resultados y compararlos. Finalmente, en esta tesis se logró crear dicho Software con la herramienta “App Designer” en MATLAB, resultando eficaz, ya que se compararon con datos resueltos de manera manual basado en monogramas y también se puede apreciar la exactitud con la que el software resuelve estas ecuaciones, cumpliendo estas cualidades se puede decir que será un aporte beneficioso para el diseño de pavimentos. Para la comparativa a del diseño de una vía de pavimento flexible en la localidad de Cercopampa, se concluye que el software sobrestima las capas de diseño y esto aumenta los gastos para la ejecución del mismo, dicho esto el software será una herramienta para aplicar en vías con mayor demanda vehicular debido a la diferencia de diseño que se encontró, el motivo es la aplicación de material granular en caso de reforzar la subbase del pavimento, dicha razón, es diseñada por consideraciones humanas y va a de acorde al diseño que se proyecta el profesional a cargo. Se recomienda que se ejecute el software con cautela y con la precisión de datos para no cometer errores en su uso, también considerar que se puede mejorar el software aumentando parámetros como el tipo de construcción debido al refuerzo de las capas, con consideraciones del

material a usar, considerando esto el software podrá ser 100% efectivo y no tendrá limitaciones al momento de estimar las dimensiones de la capa.

Espinoza (2018), en la tesis “Análisis de alternativa as en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93”, esta investigación pretende comparar los costos y diferentes ideas de diseño para los pavimentos rígidos y flexibles que serán diseñados bajo el método AASHTO, también va a dar a conocer que parámetros interfieren en cada diseño, y su uso de estos para calcular en base a las ecuaciones AASHTO 93 los espesores de las capas. Luego para las consideraciones generales se tiene en cuenta que, bajo los criterios del software Matlab, con una confiabilidad de 99% se hizo los cálculos para cada tipo de pavimento, para las capas de pavimentos flexible, se tuvieron en cuenta el número estructural por cada capa, siendo impredecible conocer el valor del módulo de resiliente de la subrasante, para ejercer el cálculo de esta capa que interacciona con las capas superiores. El pavimento rígido no siempre será más caro, ya que existen factores climatológicos que afectan más a los pavimentos flexibles y resulta complicado mantener las condiciones de diseño, en este caso para este tipo de pavimentos se necesitará mayor presupuesto. Siendo una consideración de gran importancia la de aumentar la capacidad que puede soportar el suelo para ambos pavimentos, en caso de los pavimentos flexibles el número estructural será inferior y para los pavimentos rígidos aumenta el módulo de reacción, por consiguiente, la losa será de menor dimensión. La tesis concluye que, para pavimentos flexibles, para reducir los costos los parámetros que tienen una relación directa con las dimensiones de las capas son los coeficientes estructurales y de drenaje. Sin embargo, se investigó que las soluciones más prácticas como mejorar la subbase, elevan los costos del pavimento por lo que no es una manera eficiente de reducir gastos. La forma más eficiente es la de reducir la superficie de rodadura y aumentar el espesor del resto de capas para así bajar la cantidad del material más caro. Finalmente, se considera que el pavimento tendrá que estar bajo mantenimiento para

no perder la funcionalidad, por ende, se recomienda que la manipulación del diseño sea por etapas. Mientras que, para pavimentos rígidos, los parámetros que impactan más, para reducir costos ligados a la losa debido a que el concreto va a ser el más costoso y por tal motivo se recomienda aumentar la capacidad de rotura del concreto y disminuir la losa, sin embargo, también requerirán mantenimiento si su diseño es mayor a los 15 años, si no fuese el caso el diseño resultante del método AASHTO va a ser el más económico.

Brandão (2021), en la tesis: “Estudio de la variabilidad de los parámetros de diseño y sus efectos en el desempeño de los pavimentos urbanos”, el objetivo de esta investigación es comprender cómo los factores de diseño influyen en el desarrollo de la vida de los pavimentos urbanos. En esta investigación se logró comprender qué variables y comportamientos de varios factores, reconociendo al tránsito y los materiales como parte de la variabilidad, para los sectores urbanos e interurbanos, al no tener suficientes datos sistemáticos en la construcción de pavimentos, debido a factores que el diseño se limita por razones que estos factores no se consideran a la hora de diseñar y son fortuitos a la hora de ejecutar la construcción de pavimentos. Esta tesis busca comprender y tasar los cambios en el ambiente urbano, conocer qué motivos infieren en el rendimiento de los pavimentos urbanos, y encontrar una adecuada manera de poder contar con la variabilidad en el diseño de pavimentos; concluyendo que los cambios en tránsito urbano, para el tráfico de vehículos, afecta en 8 a 38 años de vida útil y probabilidad de falla del 50% a 55%, la falta fiabilidad de la capacidad del suelo influye a 16% a 20% para pavimentos de asfalto mientras que en pavimentos rígidos entre 0.3% y 1.2%, los cambios de elasticidad de los componentes no son determinantes, conociendo los datos obtenidos, se quiere reconocer o descartar la hipótesis que sostiene el aumento de tráfico, el esfuerzo que tiene el suelo y los módulos de elasticidad como parámetros causante del desempeño del pavimento. Se reconoce que el aumento de tráfico es un parámetro que es la causa y se debe monitorear su variabilidad, conocer los cambios

climatológicos en la etapa de la construcción, también que el esfuerzo del suelo es un parámetro que infiere debido a que en algunos tramos se especula, y no existe una forma de corroborar, por lo tanto, se debería limitar en etapas los esfuerzos del suelo, y por último, se indica que el módulo de elasticidad, es un parámetro que va a inferir debido a las prácticas empíricas en la construcción del pavimento, por ende, se recomienda hacer pruebas para conocer la calidad del pavimento en cada jornada de trabajo.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Mogollón (2022), en la tesis “Diseño de pavimento rígido aplicando método AASHTO 93 para mejoramiento de transitividad en Av. Grau, 26 de Octubre, Piura – 2022”, el objetivo general que la tesis plantea es diseñar el pavimento rígido con el método AASHTO 93, con el fin de mejorar el tránsito en la avenida Grau, para esto es indispensable conocer los parámetros que se requiere para realizar las ecuaciones AASHTO, por ende, también en la tesis se va a calcular estos datos a partir de estudios de tráfico, suelos, de diseño y económicos. Con el fin de mejorar la transitividad e implementar seguridad para los peatones aledaños a la zona. El estudio de tráfico se desarrolló a partir de las 5:30 a.m. sin interrupciones hasta las 11:30 p.m., esta medida fue tomada con cautela debido a factores de riesgo en horas de la madrugada, se tendrá en cuenta esta limitación debido a que el MTC recomienda que el estudio sea realizado durante las 24 horas del día. Seguido se hizo el estudio de suelos contando con 4 calicatas en todo el tramo de la avenida, resultando un CBR óptimo con valores que varían desde el 15% al 20%, el espesor que se calculó para el pavimento es de 24 centímetros con acero de 1 ¼' para dowells y de 5/8 para barras de refuerzo ubicadas cada 30 centímetros y 91 centímetros, con medidas de 46 centímetros y 76 centímetros respectivamente. La investigación no consideró la topografía de la zona para un diseño geométrico eficaz, se limitó al diseño del pavimento y sus componentes. El valor aproximado para la ejecución de este diseño para el largo de la avenida es de 9,844,158.40 soles para gastos generales con IGV. Se recomienda que, para el estudio del tráfico se deberá realizar en una zona donde no exista desvíos para aproximarse a datos más exactos, también para criterios de diseño se evaluará con el CBR más desfavorable, se recomienda para mayor precisión el uso de las fórmulas y no el de ábacos, y por último se sugiere que la topografía sea la más actualizada para mejorar las condiciones de diseño.

Dávila & Saldaña (2022), en la tesis “Análisis Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Ciudad

de Pucallpa, 2022”, Esta tesis tiene como objetivo principal analizar la respuesta estructural de pavimentos rígidos utilizando un enfoque mecanicista en la ciudad de Pucallpa, 2022. Se identificaron las condiciones de funcionalidad mediante el uso del programa PLAXIS, utilizando el análisis numérico por el método de elementos finitos. Para ello, se establecieron como variables de entrada las características del material, definiendo las propiedades del suelo necesarias para el software, con el fin de simular su comportamiento mecánico. Una vez que se determinó la geometría del modelo, los parámetros de los materiales y las condiciones de frontera, se realizó una simulación de las condiciones estáticas del sitio. El software proporciona información relevante ante que, tras ser calibrada, permite identificar el comportamiento potencial del pavimento, así como los tipos de falla y los asentamientos que podrían ocurrir en la superficie de rodadura. El estudio tuvo un enfoque aplicado con un diseño cuasi-experimental, respaldado por autores que contribuyeron con sus investigaciones al desarrollo del proyecto. Además, se llevaron a cabo trabajos de campo como excavaciones de calicatas, seguidos de ensayos de laboratorio para obtener los parámetros necesarios para el uso del software PLAXIS V 8.2 y así obtener las respuestas estructurales correspondientes.

Briceño & Aranibar (2021), en la tesis “Propuesta de diseño de un pavimento rígido para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la localidad de Leoncio Prado - Picota – San Martín”, el objetivo de esta tesis es proponer un diseño con las condiciones óptimas para mejorar el tránsito vehicular y peatonal, realizando estudios básicos en la zona, con el propósito que estas sirvan como un diagnóstico para estimar un espesor óptimo con el fin de tener la mayor precisión a la hora del diseño para el pavimento rígido en dicha localidad. Los estudios realizados, en la topografía se estimó la geometría de la calle y el rumbo para el drenaje, también se consideró las obras externas que interactúan con el pavimento y su ubicación con el fin de diseñar el área a pavimentar sin limitaciones por parte de agentes externos al pavimento. En los estudios de suelos se estimó la calidad de este, con fines de diseño para

pavimento. En los cálculos para estimar el espesor del pavimento rígido se aplicó la metodología AASHTO 93 para la aplicación del pavimento con losa de concreto hidráulico. En los estudios hidrológicos se interpretó la necesidad de obras de artes que brindaran protección y funcionalidad al pavimento. Esta investigación recomienda que se haga con cautela los estudios básicos para prever los casos más desfavorables a la zona, para el estudio de suelos recopilar las muestras necesarias para conocer el suelo en todas las etapas del pavimento y estimar con las capacidades mínimas que este pueda tener en todo el recorrido, en los estudios hidrológicos tomar en cuenta los meses o temporada en la que se obtiene los niveles más altos para diseñar con prevención el pavimento ante sucesos extraordinarios, para cualquier tipo de estudio que se realice se necesita conocer los elementos que componen la zona para evitar comprometer algunos de estos como pueden ser las tuberías de agua y desagüe, para que el diseño sea óptimo en todo su período de vida útil se recomienda seguir las normas que rigen las autoridades para cada estudio básico, esta investigación propone a las autoridades locales a implementar los resultados obtenidos en su localidad con la finalidad de aumentar el nivel de servicio de una calle pavimentada a la calidad de vida de la zona ya que, se considera que el diseño estimado en los cálculos son óptimos para el pavimento.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

Lino (2022), en la tesis “Estado de la vía según el deterioro superficial del Malecón Daniel Alomía Robles en la ciudad de Huánuco – Perú, 2021”, esta investigación tiene como objetivo dar a conocer como se encuentra la vía, con la finalidad de estimar su estado superficial, para esto se tiene que conocer las fallas de mayor gravedad en todas las etapas del Malecón, seguido va a estimar el grado de severidad en que se encuentra la vía con el método PCI. Para esto se seccionó todo el largo del Malecón en 22 secciones con el fin de determinar por etapas el nivel de deterioro, resultando que las secciones contienen fallas en la junta por descascaramiento, agrietamientos en la losa y esquina de la sección, losas dividida, desconchamiento, sello de junta, parcheo, grietas lineales, así también se observó que 3 secciones que no tuvieron daños severos, y de acuerdo al método PCI, 4 secciones califican como buenas, 7 secciones se encuentran en estado regular, 3 secciones en mal estado, 5 secciones con un muy mal estado y por último 3 secciones que ya han fallado. Esto concluye que la vía se encuentra en categoría mala por ende se necesita de planes de largo y corto plazo, como puede ser mantenimientos en las secciones categorizadas como malas y las que se encuentran debajo de estas, seguido continuar con las evaluaciones correspondientes para diagnosticar el comportamiento del pavimento en la zona, con estas consideraciones forjar un diseño adecuado en caso de reemplazar la vía por un nuevo pavimento.

Alvarado (2021), en la tesis “Evaluación y Mejoramiento del pavimento por el método del PCI en la calle Malecón Daniel Alomía Robles – Huánuco – 2021”, esta investigación tiene como objetivo conocer el estado en el que se encuentra el pavimento rígido para identificar la calidad estructural del pavimento, de acuerdo a esta información estimar un plan para aumentar la calidad del pavimento. Para evaluar el estado del pavimento se analizó un total de 324 losas para identificar en calidad de excelente, muy bueno, bueno, regular, y muy malo. Las fallas que se identificaron con mayor frecuencia fueron las de grieta lineal y de losa dividida, seguido de fallas con menor

frecuencia, pero también considerables como fallas de desconchamiento y pulimento de agregados, y por último con un margen menor de ocurrencias las de punzonamiento, parche grande, grieta de esquina y descascamiento de junta. De las 324 losas alrededor de 20 losas están en excelente estado, seguido de 40 losas en buen estado, 81 losas muy buen estado, 102 losas en estado regular y por último 81 losas en estado muy malo. Esto infiere que 183 losas no están óptimas para brindar buenas calidades de servicio. Con estos datos se considera que tendría que reconstruirse las muestras que presentan un PCI promedio de 20 que son las calificadas como muy malo, luego están las de estado regular que también se considera que deberían ser rehabilitadas en caso de que no se pueda hacerlo, deberán someterse a reconstrucción. Los datos para detectar las fallas se hicieron de la mano con un manual para identificación de fallas para tener la mayor confiabilidad de los resultados. Se manifiesta en los resultados que las fallas de mayor frecuencia se dieron por el incremento de tráfico para el diseño previsto, es decir las repeticiones de cargas aumentaron, por tal motivo se recomienda hacer un estudio de tránsito actual para el diseño del pavimento en la en caso de reconstrucción de las losas para determinar espesores con estudios recientes.

Prudencio (2019), en la tesis “Mejoramiento de pistas y veredas en la calle la cantuta cuadras 1 y 2 de la localidad de Cayhuayna baja, distrito de Pillco Marca – Huánuco – Huánuco”, esta investigación tiene como objetivo beneficiar el desarrollo de la población para diversos fines, porque no existe un pavimento que cumpla los estándares funcionales para esta zona, debido a esto personas están vulnerables a enfermedades respiratorias por el polvo, también la falta de pavimentar las vías trae consigo el atraso para el desarrollo de la zona, por esa razón esta investigación propone un adecuado servicio de pistas y veredas con la finalidad de brindar un servicio óptimo para que los peatones y vehículos circulen en armonía sin perjuicio del otro. La calle cuenta con 223.62 metros lineales, con ligeras pendientes, de los estudios realizados en el suelo se concluyó que el material que es más frecuente en la zona es el Limo arenoso de baja plasticidad, y se trabajó con un

CBR único para toda la calle. Para el estudio del tráfico, se consideró vehículos ligeros como motos, Bajaj y autos ya que, estos vehículos tienen predominancia en la zona y aunque debido a su peso no representan cargas considerables la cantidad de recurrencia si lo hace tener en cuenta, también se consideró vehículos pesados haciendo un aproximado de 2.77 millones de ejes equivalentes. Para los estudios hidrológicos, se tomó en cuenta datos del SENAMHI, cuya intensidad para el diseño será de 19.66 mm y un causal de 6.43 Lt/s para las obras que servirán para evacuar las aguas del pavimento. De igual manera se consideró las normas de diseño geométrico con 30 km/h para la velocidad de diseño, y veredas de un ancho que varía desde 1.20 m hasta 1.50 m, para el ancho total de la vía se consideró entre 5.70 m a 6.00 m respetando las normas estandarizadas del país. Para el estudio ambiental, se consideró que el impacto es mitigable tomando en cuenta medidas adecuadas. Para el diseño del pavimento, se aplicó la metodología AASHTO 93, del cual resultó un espesor de 20 centímetros de base granular y 20 para la superficie de rodadura. La estimación de gastos general está cerca de los 750,000.00 soles. Esta obra se estima en 3 meses su construcción aplicando los resultados obtenidos. Se recomienda para el estudio de tráfico, calibrar los elementos de medición y tener las referencias claras del terreno para evitar problemas en la medición del mismo, para la construcción del pavimento, se recomienda nivelar y compactar descartando el material orgánico existente en la calle, luego colocar los elementos para el soporte del pavimento. Para el estudio de tráfico, se recomienda tomar todas las precauciones con el fin de aproximarnos a valores reales, ya que si no el diseño tendrá fallas futuras. Y, por último, el diseño deberá ser respetado y supervisado con la mayor precaución con el fin de beneficiar a la población.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PAVIMENTO

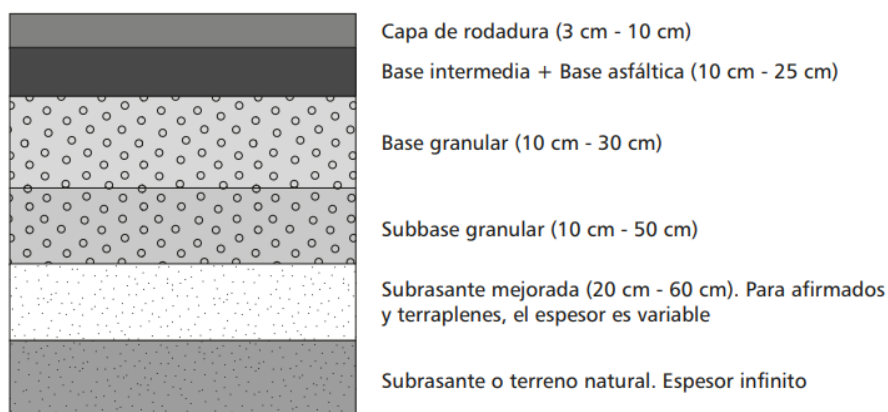
Rondón & Reyes (2015), afirman que son estructuras viales que contiene una variedad de capas, a su vez, estas capas están compuestas de materiales seleccionados, tienen la función de soportar el tránsito y retener la humedad (función estructural), también brindar condiciones óptimas para ofrecer una circulación cómoda, segura y confortable para el sector vehicular que recurra entre esta capa de superficie en un período eficaz de tiempo (objetivo funcional).

A. EL PAVIMENTO FLEXIBLE

Rondón & Reyes (2015), afirman que, son estructuras de pavimentos viales tipo flexibles conformadas por capas asfálticas que sobreponen capas de menor rigidez, compuestas por material granular (base, subbase, afirmado y también se puede considerar en algunas ocasiones una subrasante).

Figura 1

Estructura pavimento flexible



Nota. La figura muestra la estructura del pavimento flexible, con medidas promedio de las diferentes capas. Adaptado de Rondón & Reyes 2015, (pág. XXX)

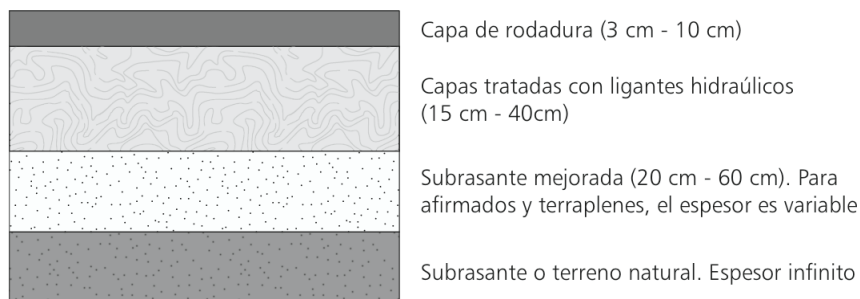
B. EL PAVIMENTO RÍGIDO

Rondón & Reyes (2015), afirman que, son estructuras viales que están compuestas por losa de concreto hidráulico de 18 cm a 30 cm de espesor. Esta losa está soportada por un base granular no tratada con cementantes hidráulicos. Debido a su composición esta estructura comprende un módulo elástico elevado, la flexión atenúa el esfuerzo que

aplica las cargas del tráfico, y la compresión se reparte en la losa y esta transmite en menor magnitud al suelo.

Figura 2

Estructura pavimento rígido



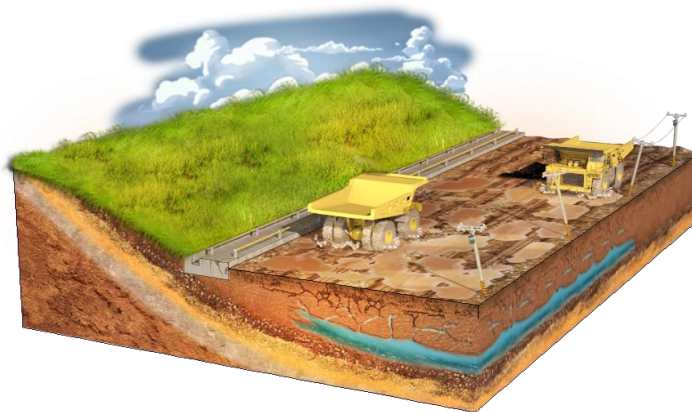
Nota. La figura muestra la estructura del pavimento rígido, con medidas promedio de las diferentes capas. Adaptado de Rondón & Reyes 2015, (pág. XXXI)

2.2.2. ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO RÍGIDO

- a) **Subrasante.** Coronado (2002), afirma que es la capa que va a soportar todo el peso de la estructura y esta se expande hasta una profundidad en la que el tránsito previsto no afecte la carga de diseño. Esta capa hace que dependa el espesor del pavimento, debido a esto la calidad debe ser la óptima para su uso comprendiendo requisitos como lo son expansión y contracción por efecto de la humedad, resistencia e inmunidad. Para comprender el diseño de un pavimento, este se ajustará a la capacidad de la subrasante por la carga de la rueda.
 - i. **Materiales.** Coronado (2002), afirma que es esencial que esta capa esté libre de material orgánico, si en caso esta comprendiese de materiales vegetales o fangosos clasificados como suelos tipo A8, según AASHTO M-145 son inadecuados para esta capa y deberá ser reemplazada previamente con la remoción de la existente.
 - ii. **Compactación.** Coronado (2002), afirma que para la compactación el espesor total deberá ser homogéneo, mezclado, escarificado y compactado en totalidad como se indica según ASSHTO T-180.

Figura 3

Estabilización de la subrasante



Nota. adaptado de (ACE Geosynthetics, s.f.)

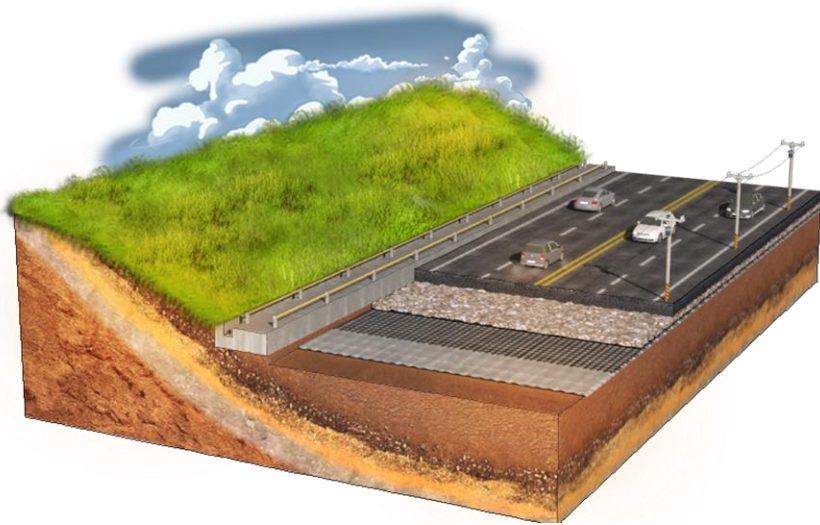
- b) **Subbase.** Coronado (2002), afirma que esta capa tiene como principal objetivo transmitir las cargas con uniformidad, debido a que soportan directamente el peso de la losa. Esta capa regula el volumen y elasticidad con fines de amortiguar daños severos al pavimento, haciendo que la subrasante pueda soportar solo cargas inherentes a sus propiedades del suelo. Esta capa sirve como transición entre la subrasante y la losa de concreto. Además de todo esto, la base también aísla a la losa de la humedad, por esta razón se aplican materiales granulares para dicha función.
- i. **Materiales.** Coronado (2002), afirma que el material para esta capa deberá ser de mayor valor de CBR que la subrasante y su dimensión puede variar en ciertos tramos dependiendo de la calidad de la subrasante en dichos tramos.
- CBR según AASHTO T-193 para muestras saturada según AASHTO T-180.
 - Piedras menores a los 2/3 del total de ancho de esta capa y su granulometría en las mallas N40 Y N200 deberá ser según la AASTHO T-11 Y T-27.
 - Los límites plásticos y líquidos serán según la AASTHO T-90 Y T-89, para las muestras húmedas según AASHTO T-146.
 - La cantidad de arena deberá ser considerado según

AASHTO T-176.

- Esta capa deberá ser libre de material orgánico, impurezas y cualquier material ajeno al pavimento.
- ii. **Compactación.** Coronado (2002), afirma que deberá ser colocado en capas inferiores a 20 cm de espesor. Se compactará homogenizando y agregando agua hasta alcanzar los requisitos del AASHTO -183.

Figura 4

Refuerzos en la subbase del pavimento



Nota. adaptado de (ACE Geosynthetics, s.f.)

- c) **Losa o superficie de rodadura.** Coronado (2002), afirma que es la capa superior en toda la estructura que recibe directamente la carga del tránsito, su componente principal es el concreto hidráulico. Debido a las propiedades inherentes del concreto esta capa es rígida y contiene un alto módulo de elasticidad. Su principal capacidad portante se basa en la losa por ende este tipo de pavimento no contiene base ya que, el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas.

Pueden ser de 3 tipos:

- **Concreto hidráulico simple.**

Coronado (2002), afirma que este tipo de concreto no está reforzado con una estructura de acero y además tiene poco margen de espaciamiento de 2.50 metros a 4.50 metros.

- **Concreto hidráulico reforzado.**

Coronado (2002), afirma que este tipo de concreto está reforzado con una estructura de acero y su margen de espaciamiento varía entre 6.10 metros y 36.60 metros.

- **Concreto hidráulico reforzado continuo.**

Coronado (2002), afirma que este tipo de concreto está continuamente reforzado con acero, y no lleva arán juntas a excepción de las de construcción. Es a criterio el refuerzo transversal. Tiene como objetivo mitigar el daño de las fisuras por ende este tipo ira reforzado con mayor cantidad de acero que las juntas armadas.

- i. **Materiales.**

- a) **Cemento tipo portland.** Coronado (2002), afirma que este tipo de cemento debe de estar bajo la supervisión de la norma AASHTO M-85 y para mezclas con cemento hidráulico AASHTO M-240.

- b) **Agregados finos.** Coronado (2002), afirma que para este tipo de material va amos a regirnos en la AASHTO M-6 clase B para corroborar su durabilidad y dureza.

- c) **Agregados Gruesos.** Coronado (2002), afirma que para este tipo de material va amos a regirnos en la AASHTO M-80, los componentes esenciales serán piedras trituradas.

- d) **Agua.** Coronado (2002), afirma que el agua que se deberá usar para elaborar y curar el concreto del pavimento tiene que regirse bajos los parámetros de pureza, es decir, libres de agentes externos inherentes del agua, o materia orgánica entre otros.

Nota: Según la AASHTO 93 “Se requiere una cierta cantidad de deformaciones superficiales para la unión y el desarrollo de tensiones de trabajo en el acero de refuerzo.”

- ii. **Aditivos.** Coronado (2002), afirma que la función de los aditivos va a ser la de mantener y mejorar la composición base del concreto.

- a) **Ceniza volante.** Coronado (2002), afirma que este

material se usa como aditivo siguiendo la norma de la AASHTO M-295.

b) Aditivos químicos. Coronado (2002), afirma que estos aditivos no cambiarán las características del concreto y serán aplicados según normativa a AASHTO. Para inclusores de aire AASHTO M-159, para reductores de agua AASHTO M-194 al igual que para acelerantes y desacelerantes.

2.2.3. MÉTODO AASHTO 93 PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

Según el Manual de carreteras diseño geométrico (2018), afirma que este método trata de diseñar un pavimento que llegue en condiciones óptimas al final de su período de diseño, para esto se toma en cuenta el tiempo que transcurrirá y las veces que soportará las repeticiones de carga.

Según la guía para diseño estructural de pavimentos AASHTO (1993), se asumirá con este método que los pavimentos rígidos soportaran un ESAL's mayor a 50,000 de 18 kips, durante su vida útil.

I. Período de diseño. Según el Manual de carreteras (2014), afirman que mínimo período de diseño será de 20 años, y dependerá del ingeniero a cargo ajustar dicho período.

II. Variables.

a. El tránsito (ESAL's). Según el Manual de carreteras (2014), afirman que para esta variable la aplicación del método AASHTO 93, es convertir las cargas de todos los vehículos en ejes simples con valor de 8.2 Toneladas. Para el diseño y estudio de pavimentos rígidos se considera de 3 maneras:

- i.** Bajo volumen de tránsito de 150,001 a 1,000,000 de ejes equivalentes (EE).
- ii.** Tránsito medio de 1,000,001 a 30,000,000 de ejes equivalentes (EE).
- iii.** Tránsito alto mayor a 30,000,000 ejes equivalentes (EE).

b. Serviciabilidad. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que para esta variable se considerara un valor inicial (Pi) y final (Pt) para el pavimento durante su período de

diseño, estos valores vienen siendo dependiente de los ejes equivalentes (EE). Finalmente, concluyen en la diferencia de ambos valores denominada diferencial de serviciabilidad (Δ PSI).

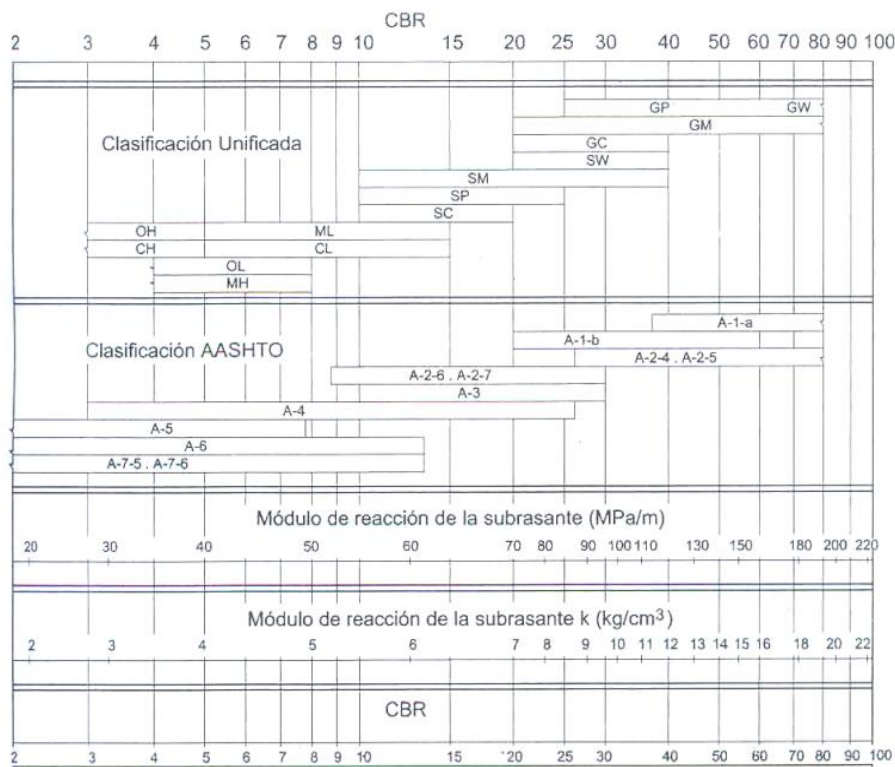
La confiabilidad R y a la desviación estándar (So). Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable es una medida con la que se puede cuantificar la variabilidad de los materiales, proceso en la construcción, y de supervisión. Para prever que los pavimentos construidos de la misma manera presente diferentes cambios en su período de diseño. Esta confiabilidad es una medida de seguridad que viene dada a partir aumentar el tránsito y este no sea causa principal del deterioro del pavimento.

Según la guía para diseño estructural de pavimentos AASHTO (1993), se sugiere trabajar con valores de 0.34 para pavimento rígido con se proyecte el tránsito a futuro y 0.39 cuando no sea considerado para mientras que en Manual de carreteras (2014) se recomienda 0.35.

d. El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc). Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable cuantificara la reacción de la sub rasante(K) a las cargas sometidas. Además, incluye la mejora de la capacidad de soporte a las cargas de parte de la subrasante incluyendo material granular o tratado de por medio, debido a esto el espesor final del pavimento podrá ser reducido. El módulo combinado de reacción (Kc) introduce esta mejora.

Figura 5

CBR y módulo de reacción de la subrasante



Nota. Adaptado del Manual de carreteras, 2014, (pág. 216)

e. Resistencia a la flexo tracción del concreto (Mr).

Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable se va a considerar ya que, principalmente el concreto en pavimentos trabaja a flexión.

f. Módulo elástico del concreto. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable para el diseño de estructuras de concreto armado, el módulo de elasticidad es un factor crucial.

Según AASHTO'93, el módulo elástico puede calcularse a partir de una correlación recomendada por ACI:

$$E = 57000 \times \sqrt{f'c} ; \quad f'c \text{ expresada en PSI.}$$

g. Drenaje (Cd). Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable indica la presencia de humedad en el pavimento, y consiste en dar un eficiente escurrimiento de aguas, para evitar daños particulares en el pavimento debido a la erosión del suelo, ablandamiento de la subrasante, deterioro por humedad del pavimento.

- **Cálculo del Cd.**

1° De acuerdo a la granulometría y características del suelo referidas a la humedad, se indicará su calidad.

2° Seguido se estima el Cd de acuerdo al grado de exposición del pavimento a la humedad próximos a la saturación.

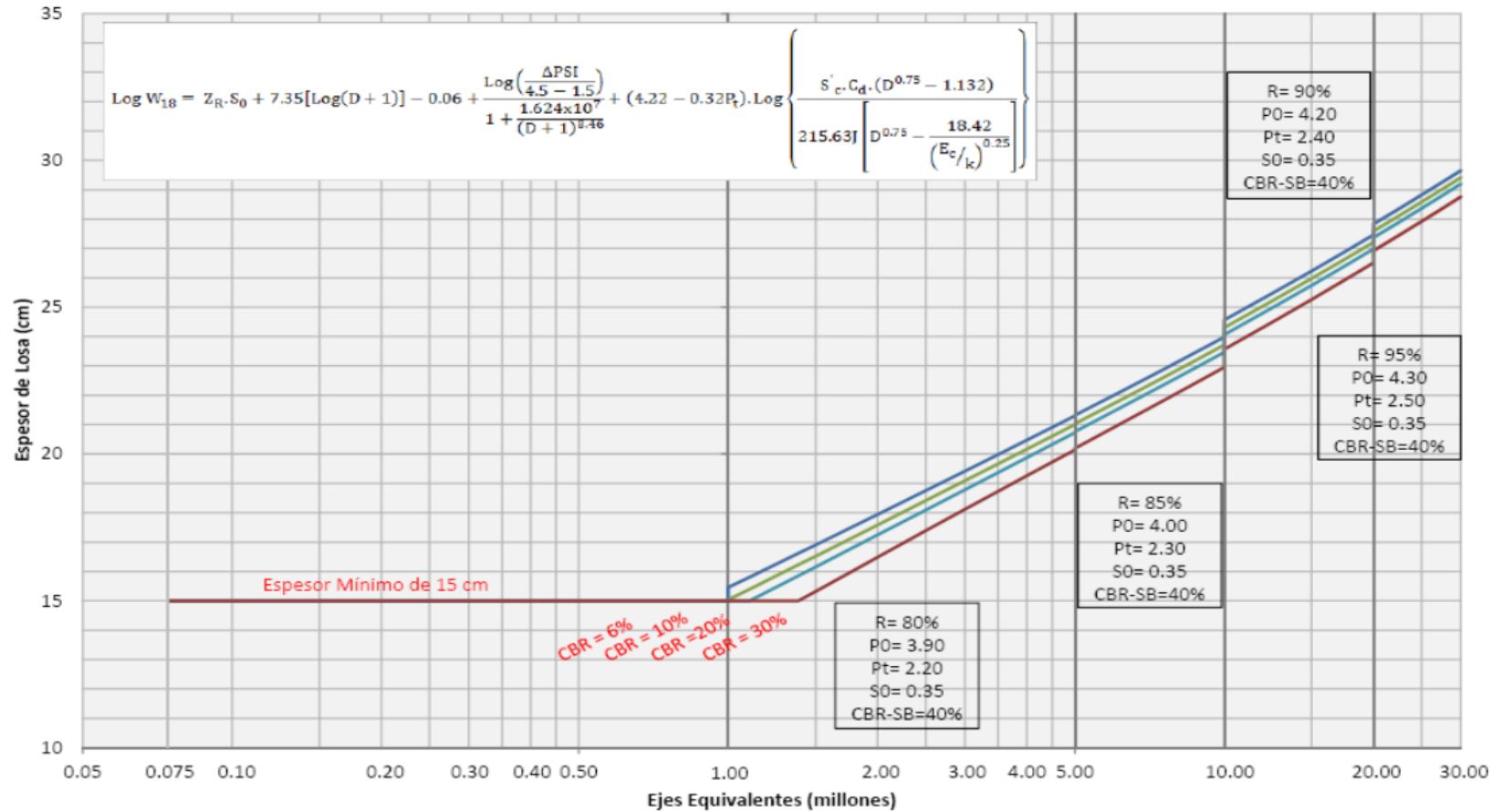
h. Transferencia de cargas(J). Según el Manual de carreteras (2014), afirma que esta variable que expresa la capacidad de un pavimento de concreto para transmitir cargas entre juntas y grietas. Esta variable está ligada al espesor del pavimento y esta dependerá de su dimensión, a su vez el valor de J depende de la berma.

2.2.4. SECCIONES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

En el Manual de carreteras (2014), brinda nomogramas basados en el guía para diseño estructural de pavimentos AASHTO (1993), que se usaran para identificar el espesor de la losa, también es posible usar programas predeterminados con las ecuaciones AASHTO 93 para poder estimar el espesor de la losa.

Figura 6

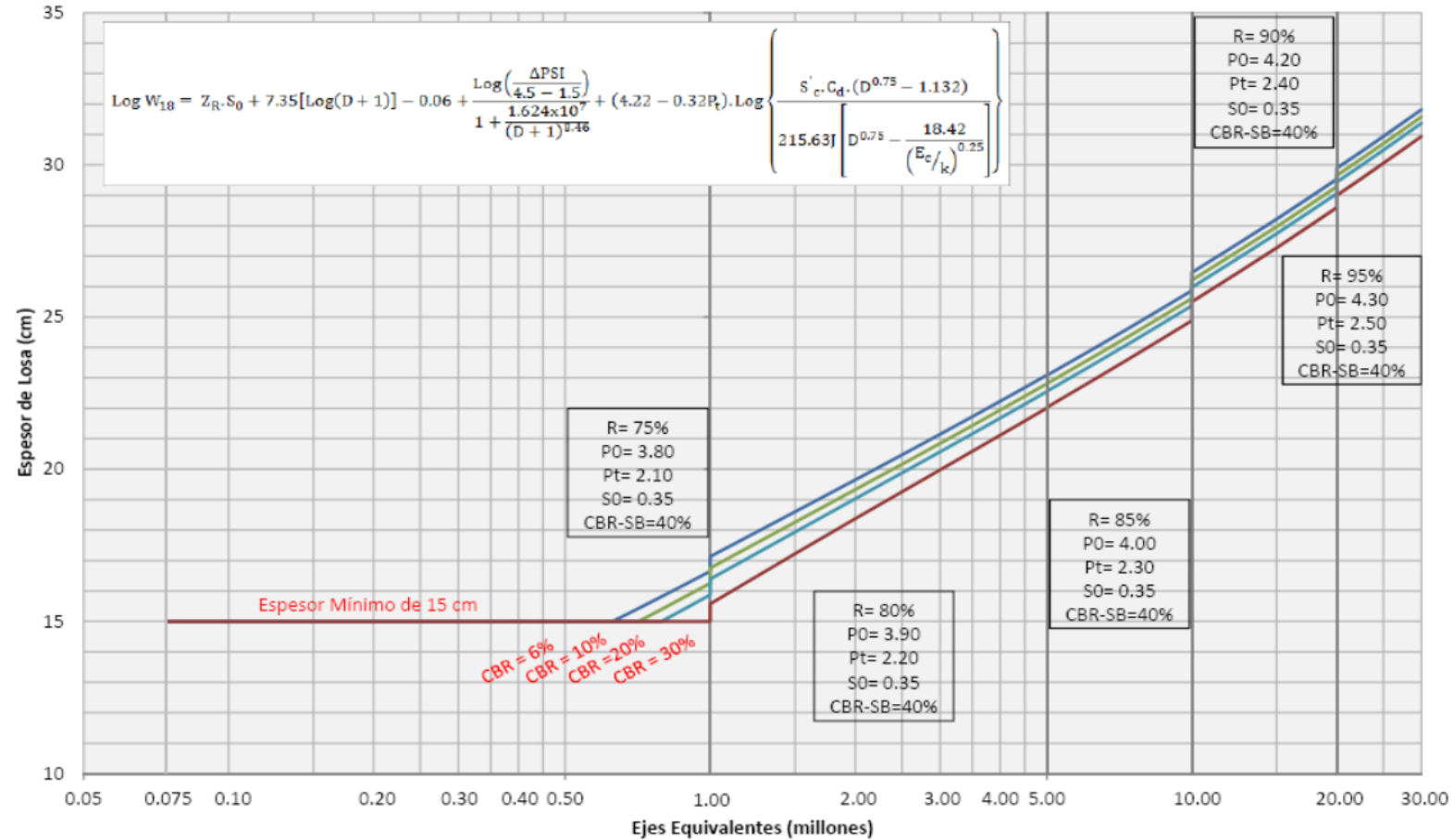
Espesor de losa para J=2.8



Nota. Adaptado del Manual de carreteras, 2014, (pág. 221)

Figura 7

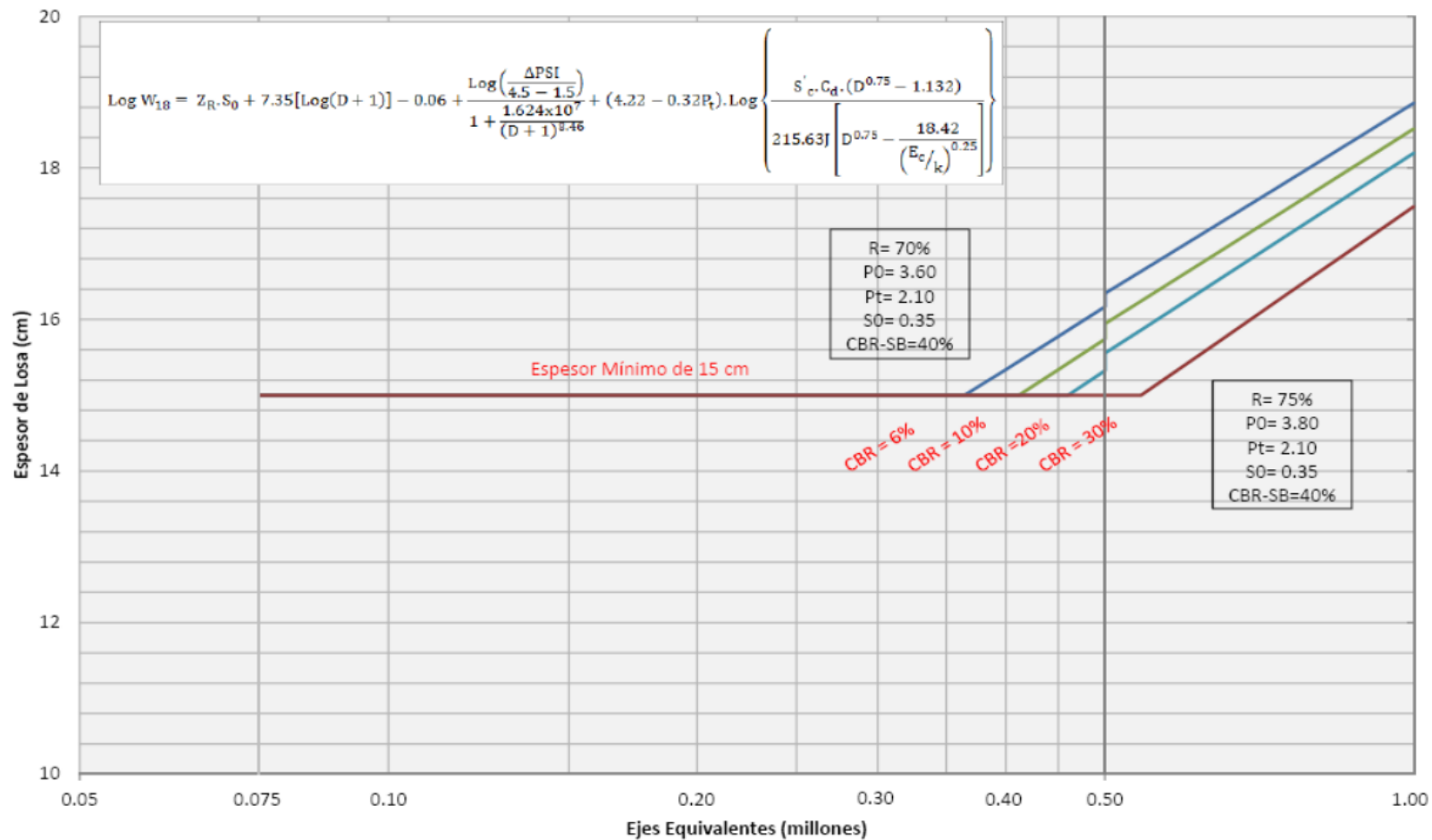
Espeor de losa J=3.2



Nota. Adaptado del Manual de carreteras, 2014, (pag. 222)

Figura 8

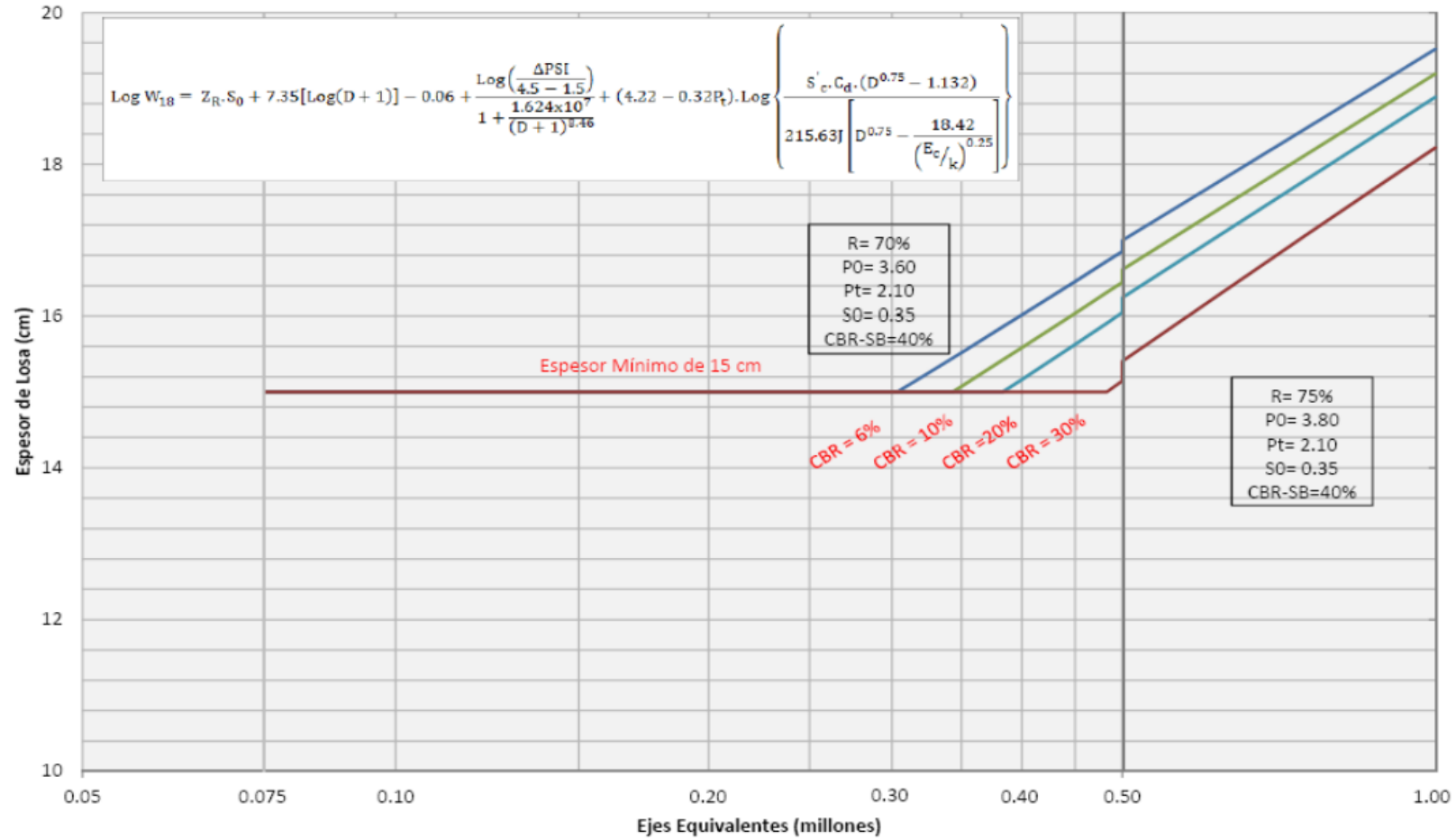
Espeor de losa para J=3.8



Nota. Adaptado del Manual de carreteras, 2014, (pag. 223)

Figura 9

Espeor de losa para J=4.0



Nota. Adaptado del Manual de carreteras, 2014, (pag. 224)

2.2.5. JUNTAS

Según el Manual de carreteras (2014), afirma que las juntas van a menguar el daño que va a sufrir el pavimento, debido a sus características inherentes bajo las circunstancias a la que se someterá por el uso y el contexto en el cual se situará. Siendo sus funciones las siguientes:

- Estas juntas van a controlar y mitigar los agrietamientos tanto verticales como horizontales.
- Crea zonas en los pavimentos con el fin de facilitar el proceso constructivo respetando las normas de tránsito.
- Dejarán un margen de movimiento a las losas para evitar el sobreesfuerzo entre ellas.
- Las juntas también tienen la función de permitir la colocación de material de sellado entre losas.
- Por último, permiten que se cumpla la función de transmitir cargas entre losas.

1. Tipo de juntas:

a) Juntas Longitudinales. Según el Manual de carreteras (2014), afirma este tipo de juntas se ubican en los límites de los carriles en donde circulan los vehículos.

i. Juntas Longitudinales de contracción. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que estas juntas inducen el agrietamiento y a la vez separan carriles de tránsito, para esto se necesitará cortar el pavimento con un disco para concreto de 3 mm, la profundidad requerida será de la cuarta parte de la altura de la losa.

ii. Juntas Longitudinales de construcción. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que estas juntas van de acuerdo al encofrado del pavimento. La transferencia de carga será mediante juntas machihembradas o tipo llave; para estas últimas se requiere que a la losa de concreto sea mayor a 25 cm. En caso de las machihembradas, las barras transmiten las cargas de tránsito al carril del pavimento.

b) Juntas Transversales. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que estas juntas formaran un ángulo de 90° con las juntas longitudinales, y está limitada a ubicarse a un espacio no mayor de 1.25 veces el ancho de la losa y también que no mayor a los 4.50 m. En las alturas donde el nivel sobre el mar sea mayor a los 3000 metros se recomienda que sean cuadradas las losas.

i. Juntas Transversales de contracción. Según el Manual de carreteras (2014), afirma este tipo de juntas limitan la losa del pavimento con el fin de evitar agrietamiento debido al cambio de temperatura y humedad. Este tipo de juntas se recomienda que coincidan con las juntas de construcción. La transferencia de carga para este tipo de juntas se colocará pasadores o trabazón de agregados.

ii. Juntas Transversales de construcción. Según el Manual de carreteras (2014), afirma estas juntas serán ocasionadas debido a las jornadas en la que se construye el pavimento. La transferencia de cargas para este tipo de juntas se colocará pasadores.

iii. Juntas Transversales de dilatación. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que este tipo de juntas aísla al pavimento con cualquier elemento que se ubicara en él, de esta manera el pavimento y el elemento tendrán un margen de movimiento sin afectarse el uno al otro.

2. Mecanismos de transferencia de carga. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que es la capacidad con lo que la juntas va a transmitir esfuerzos entre losas del pavimento.

Trabazón de agregados. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que este tipo de transferencia se basa en material granular para transferir las cargas entre losas del pavimento, y su uso se da mayormente para valores menores a los 4 millones de ejes equivalentes.

Pasadores o dowells. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que este tipo de transferencia de cargas se da con barras lisas que permite que el concreto se expanda y contraiga sin

restricciones, y su uso se da para pavimentos con valores mayores a los 4 millones de ejes equivalentes.

Subbases tratadas. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que este tipo de transferencia de cargas se basa en mejorar la capacidad del suelo para evitar deflexiones en las juntas.

3. Barras de amarre. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que estas barras serán de acero corrugado y serán colocadas en la parte central de las juntas longitudinales, con el fin de que el carril adyacente no afecte al sellado y mejore la transferencia de cargas. De la misma manera son un mecanismo de transferencia de cargas entre losas del pavimento.

4. Sellado de juntas. Según el Manual de carreteras (2014), afirma que el sellado de juntas deberá de ser un material que cumpla requisitos de deformación para aportar flexibilidad a los esfuerzos entre juntas, y también tendrá la función de evitar la filtración de agua al pavimento.

2.2.6. BERMAS.

Según el Manual de carreteras (2014), afirma estos elementos se ubican adyacente al pavimento con el fin de brindar soporte a los bordes, evitar la erosión de capas inferiores y aumentar los niveles de seguridad de la vía. Pueden ser de concreto, asfáltico y granulares.

2.2.7. MÉTODO MATEMÁTICO O MECANICISTA.

a) Método Winkler. Huang, (2004), Westergaard llevó a cabo estudios teóricos detallados sobre cómo se comportan los pavimentos de concreto bajo diferentes condiciones de carga y temperatura. Desarrolló ecuaciones para tres escenarios específicos de carga: cerca de la esquina, cerca del borde, y en el interior de una losa grande. Su análisis asumió que la presión entre la losa y su base es proporcional a la deflexión en ese punto, sin importar las deflexiones en otros lugares. Además, consideró que la losa y la base estaban completamente en contacto. Este enfoque se basa en un tipo de cimentación conocida como "fundamento líquido" o de Winkler.

Huang considera la base o subrasante como un conjunto de resortes independientes que soportan la losa de pavimento. Cada uno de estos resortes tiene una rigidez proporcional a la capacidad de reacción de la subrasante o base. En este modelo:

- **La losa de concreto** es tratada como una estructura rígida, que se apoya en estos resortes elásticos.
- **La subrasante o base** se modela como una serie de resortes independientes y discretos, donde cada resorte responde solo a la carga aplicada en su punto de contacto, sin afectar a los resortes adyacentes.

Uno de los aspectos centrales del método de Winkler es el uso del módulo de reacción de la subrasante, denotado por la letra **k**. Este parámetro representa la rigidez de los resortes, es decir, la capacidad de la subrasante para resistir la deformación bajo carga.

- Un valor alto de **k** indica una subrasante rígida que resiste bien las deformaciones bajo carga.
- Un valor bajo de **k** refleja una subrasante más flexible o débil, que experimenta mayores deformaciones bajo la misma carga.

En el análisis de pavimentos rígidos, el método de Winkler se utiliza para modelar el comportamiento de la losa de concreto bajo cargas vehiculares. Las principales aplicaciones incluyen:

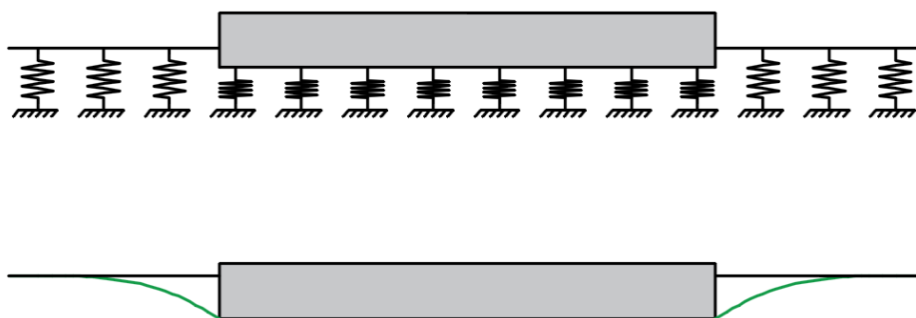
- **Cálculo de la deflexión de la losa:** Dado que la losa está apoyada en resortes, la carga aplicada sobre la losa provoca una deflexión (deformación hacia abajo), que se puede calcular utilizando el valor del módulo de reacción de la subrasante.
- **Determinación de tensiones en la losa:** El método de Winkler permite estimar las tensiones inducidas en la losa por las cargas aplicadas, considerando la capacidad de la base o subrasante para proporcionar soporte.
- **Evaluación de la capacidad de carga:** Este método ayuda a determinar si la combinación de losa y subrasante es capaz de

soportar las cargas de tráfico previstas sin que se generen deflexiones o tensiones excesivas que puedan dañar la losa.

Figura 10

Idealización del método Winkler

k = presión/deformación



Nota. Adaptado de GeoStru, s.f.

b) Gradiente térmico. Huang (2004), la variación térmica de la cara superior de la losa respecto a la inferior, produce tensiones en el pavimento de concreto, los valores promedio varían entre 0.055° C/mm a 0.077° C/mm durante el día y se reducen en un 50% durante la noche.

Huang también analiza la distribución típica de la temperatura en la losa de concreto. Generalmente, la temperatura máxima ocurre cerca de la superficie superior debido a la radiación solar, mientras que la temperatura mínima se encuentra en la parte inferior, cercana al suelo. Esta distribución puede variar según las condiciones climáticas locales y la época del año.

En su análisis, Huang menciona que los cambios rápidos de temperatura, como los que ocurren al amanecer o al anochecer, pueden generar cambios bruscos en el alabeo de las losas, aumentando el riesgo de daño.

Huang detalla los métodos para calcular las tensiones inducidas por el gradiente térmico. Estas tensiones son importantes para garantizar que el diseño del pavimento sea capaz de resistir tanto las cargas vehiculares como las tensiones térmicas. Los factores clave que afectan las tensiones térmicas incluyen:

- **Magnitud del gradiente térmico:** A mayor diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior de la losa, mayores serán las tensiones inducidas.
- **Espesor de la losa:** Las losas más gruesas experimentan menores deformaciones, ya que el material adicional ayuda a resistir los cambios de temperatura. Sin embargo, las tensiones internas aún pueden ser significativas.
- **Propiedades del concreto:** El módulo de elasticidad del concreto y el coeficiente de expansión térmica influyen en la magnitud de las tensiones térmicas. Un coeficiente de expansión térmica alto provocará mayores deformaciones ante variaciones de temperatura.

Huang explica que el gradiente térmico induce **tensiones térmicas** en la losa de concreto debido a la expansión y contracción diferencial entre la parte superior e inferior de la losa. Esto puede llevar a los siguientes efectos:

- **Deformaciones por alabeo:** El gradiente térmico provoca que las losas se curven. En un gradiente positivo, la losa tiende a curvarse hacia arriba en los bordes, mientras que en un gradiente negativo, los bordes se curvan hacia abajo. Este fenómeno se conoce como **alabeo térmico**.
- **Tensiones internas adicionales:** Las deformaciones por alabeo inducen tensiones internas adicionales en la losa, lo que aumenta las posibilidades de agrietamiento, especialmente en las esquinas y los bordes de la losa.
- **Desgaste en los bordes:** El alabeo provoca el levantamiento de los bordes de la losa, lo que puede aumentar el impacto de las cargas vehiculares en esas zonas, acelerando el desgaste y la aparición de grietas.

c) Elementos finitos. Vázquez & López, (2001), el método de elementos finitos (FEM) permite determinar el comportamiento de una estructura ante cargas, reemplazando la solución continua, exacta y generalmente imposible del sistema de ecuaciones diferenciales que describen el problema elástico, por una solución discontinua o discreta

y, por lo tanto, aproximada. Para lograr esto, el FEM discretiza la estructura, dividiéndola en elementos no diferenciales o elementos finitos, interconectados a través de un número específico de puntos llamados nodos. Los aspectos fundamentales son:

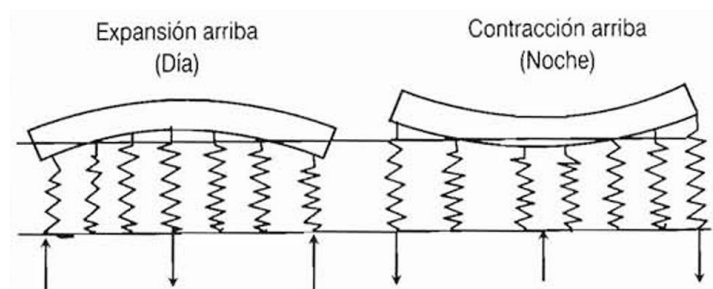
- **Discretización del dominio:** El primer paso en el MEF es dividir el dominio continuo del sistema en una malla de pequeños elementos finitos. Estos elementos pueden tener diferentes formas, como triángulos o cuadrados, en el caso de problemas bidimensionales, o tetraedros o hexaedros, en problemas tridimensionales.
- **Funciones de forma:** En cada elemento finito, se utilizan funciones de forma que interpolan las variables dependientes (como desplazamientos o tensiones) dentro de ese elemento. Las funciones de forma se definen a partir de los valores de estas variables en los nodos del elemento.
- **Formulación de ecuaciones:** Una vez definida la discretización y las funciones de forma, se establecen las ecuaciones diferenciales que gobiernan el comportamiento del sistema. Estas ecuaciones se integran sobre cada elemento para obtener el sistema de ecuaciones algebraicas que se resuelve de forma global.

El análisis de tensiones y deformaciones el MEF permite calcular la distribución de tensiones y deformaciones en estructuras sometidas a diferentes tipos de carga (cargas puntuales, distribuidas, térmicas, etc.). Las soluciones obtenidas proporcionan una visión precisa de cómo la estructura responde ante esfuerzos mecánicos.

d) Alabeo en losas. Salazar (1997), El alabeo de las losas de concreto ocurre debido a diferencias de temperatura y humedad entre la parte superior e inferior de la losa. Este gradiente provoca que la losa se deforme, curvándose hacia arriba o hacia abajo. Generalmente, se presenta en pavimentos rígidos cuando una cara de la losa se enfría o pierde humedad más rápido que la otra, lo que genera tensiones internas.

Figura 11

Alabeo de losas



Nota. Adaptado de Salazar Rodríguez, 1997, (pág. 71)

- **Alabeo positivo:** Ocurre cuando la parte superior de la losa se enfría o seca más rápido, causando que los bordes de la losa se eleven.
- **Alabeo negativo:** Ocurre cuando la parte inferior de la losa es más fría o húmeda, haciendo que los bordes se hundan.

Según Salazar, las principales causas del alabeo de las losas incluyen:

- **Diferencias de temperatura** entre la superficie superior y la inferior de la losa, provocadas por la exposición al sol, cambios estacionales o variaciones en las temperaturas diurnas y nocturnas.
- **Diferencias de humedad** entre la parte superior e inferior de la losa. Esto puede ocurrir por una mayor evaporación de la humedad en la superficie o una mayor retención de humedad en la parte inferior, cercana al suelo.
- **Restricción en los bordes** la losa tiende a curvarse, pero está parcialmente restringida por el contacto con la base o la subrasante, lo que introduce tensiones adicionales.

El alabeo puede tener efectos adversos en el comportamiento del pavimento, que Salazar detalla en su guía:

- **Tensiones adicionales:** Las deformaciones por alabeo inducen tensiones adicionales en las losas, lo que puede acelerar el agrietamiento, especialmente en los bordes o esquinas.

- **Aumento del agrietamiento:** Cuando las losas se levantan o se hunden en los bordes debido al alabeo, las cargas vehiculares concentran más esfuerzos en estas zonas, aumentando la probabilidad de grietas.
- **Desgaste prematuro:** El fenómeno también puede generar un desgaste desigual de la losa y reducir su vida útil, ya que las áreas de contacto entre las llantas y la losa cambian debido a la deformación.

Salazar propone varias estrategias para mitigar los efectos del alabeo en las losas de pavimento rígido:

- **Juntas adecuadas:** La disposición y el diseño de juntas de expansión y contracción permiten liberar tensiones internas debidas al alabeo y evitan que las tensiones adicionales se concentren en puntos críticos.
- **Adecuado curado del concreto:** Un buen curado asegura que las variaciones de humedad no sean extremas entre la parte superior e inferior de la losa, minimizando el riesgo de alabeo.
- **Espesores apropiados de losa:** Aumentar el espesor de la losa puede ayudar a reducir el alabeo, ya que las losas más gruesas tienden a resistir mejor las deformaciones por temperatura y humedad.
- **Uso de bases de apoyo eficientes:** Bases estabilizadas o más flexibles pueden acomodar mejor los movimientos de la losa, disminuyendo las tensiones que el alabeo induce.

En el diseño de pavimentos rígidos, Salazar recomienda considerar el alabeo de las losas como parte del análisis estructural para garantizar que las tensiones adicionales no excedan los límites admisibles. Incluye la verificación de que el pavimento pueda resistir las tensiones inducidas por el alabeo junto con las tensiones de las cargas vehiculares.

e) Cargas por tránsito. Salazar (1997), las cargas vehiculares son las fuerzas ejercidas sobre la superficie del pavimento por los vehículos

en movimiento. Estas cargas incluyen no solo el peso estático de los vehículos, sino también los efectos dinámicos asociados al movimiento y las interacciones con el pavimento.

Salazar (1997), clasifica las cargas vehiculares en función de varios factores, como el tipo de vehículo (ligero o pesado), la cantidad de ejes, y la magnitud de la carga que estos ejes transmiten al pavimento.

- **Cargas estáticas:** Son las cargas aplicadas cuando el vehículo está detenido o en reposo. Representan el peso del vehículo distribuido entre los ejes y las llantas.
- **Cargas dinámicas:** Son las cargas adicionales que surgen del movimiento del vehículo, incluyendo aceleración, desaceleración, baches o irregularidades del pavimento. Estas cargas dinámicas pueden ser más altas que las estáticas, debido a los efectos de impacto y vibración.

Salazar (1997), destaca la importancia de considerar ambas cargas, ya que las dinámicas pueden generar un mayor daño a los pavimentos que las cargas estáticas.

- **Tipo y peso de vehículo:** Los vehículos pesados, como camiones y autobuses, ejercen mayores cargas sobre el pavimento que los vehículos ligeros. El número de ejes y la distribución del peso en estos ejes son factores clave que determinan la magnitud de la carga aplicada.
- **Distribución de la carga por eje:** Cada eje de un vehículo distribuye una parte de la carga total al pavimento. Los camiones con múltiples ejes pueden distribuir mejor la carga, reduciendo el impacto sobre el pavimento, mientras que los vehículos con menos ejes concentran mayores cargas por unidad de área.
- **Presión de los neumáticos:** La presión de los neumáticos influye en la forma en que la carga se transmite al pavimento. Presiones más altas generan concentraciones de esfuerzo mayores en áreas pequeñas, lo que puede inducir grietas o fallos en el pavimento.

Las cargas vehiculares generan tensiones y deformaciones en las losas del pavimento. Salazar describe los efectos principales de estas cargas sobre los pavimentos rígidos:

- **Generación de tensiones:** Las cargas vehiculares provocan tensiones en las losas de pavimento, principalmente en las zonas cercanas a los bordes y las esquinas, donde las tensiones son mayores. Estas tensiones pueden causar agrietamientos si no se diseñan adecuadamente.
- **Desgaste y deformación:** Con el paso de los vehículos, especialmente los pesados, se produce un desgaste gradual del pavimento. La deformación y el desgaste superficial son más pronunciados en áreas con tráfico pesado frecuente.
- **Fatiga del concreto:** Las cargas repetidas de los vehículos inducen la fatiga del concreto, que puede llevar a la formación de grietas y fisuras a lo largo del tiempo. La capacidad del pavimento para soportar estas cargas depende de la correcta elección de los materiales y del espesor de la losa.

f) Teoría de la capa elástica multicapa. Huang (2004), es una extensión del concepto de capa elástica, pero aplicada a un sistema con múltiples capas de materiales con diferentes propiedades. Cada capa se considera homogénea, isotrópica y elástica. Las capas representan los distintos materiales que componen el pavimento: la capa superficial (concreto o asfalto), la base, la subbase y la subrasante. Cada una de estas capas tiene diferentes módulos de elasticidad y coeficientes de Poisson. Esta teoría asume que cada capa se encuentra sobre otra, con un espesor definido y con un contacto perfecto entre ellas, sin deslizamientos. Huang detalla los supuestos principales bajo los cuales opera la teoría de la capa elástica multicapa:

- Los materiales de cada capa son lineales y elásticos.
- Las capas son infinitas en extensión lateral.
- La carga aplicada es una carga circular distribuida de manera uniforme sobre una superficie circular.

- Las deflexiones, tensiones y deformaciones se calculan en función de los módulos de elasticidad, los espesores de las capas y el coeficiente de Poisson de cada material.

Huang explica que el análisis de pavimentos mediante la teoría de capas elásticas multicapa permite obtener:

- **Tensiones verticales** en la superficie y en las capas inferiores del pavimento, que son fundamentales para evitar fallas por fatiga.
- **Deflexiones** en la superficie del pavimento, que se usan como indicador de la capacidad del pavimento para soportar las cargas vehiculares sin sufrir deformaciones permanentes.
- **Deformaciones** en las diferentes capas del pavimento, que permiten predecir el comportamiento a largo plazo del sistema y su resistencia a cargas cíclicas.

Aunque la teoría de la capa elástica multicapa es ampliamente utilizada, Huang señala algunas limitaciones:

- No tiene en cuenta el comportamiento plástico o viscoelástico de los materiales, lo que puede ser un problema en ciertos pavimentos donde los materiales no se comportan de manera puramente elástica.
- Asume que todas las capas tienen un contacto perfecto, lo cual no siempre es el caso en la práctica, donde puede haber deslizamientos o separaciones entre capas.

Huang compara la Teoría de la Capa Elástica Multicapa con otros enfoques de diseño de pavimentos, como los métodos empíricos y otros enfoques mecanicistas más simples. Señala que, si bien la teoría multicapa es más precisa, también es más compleja y requiere más datos de entrada, como las propiedades mecánicas exactas de los materiales y la carga real que soportará el pavimento.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Acera o Vereda: Es un trozo de la vía urbana situado entre la pista y el límite de propiedad, previsto para el uso de los transeúntes. Pueden ser de concreto simple, de asfalto, de unidades entrelazadas o cualquier otro material apropiado. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Afirmado: Capa de material elegida de acuerdo al diseño, que se coloca sobre la subrasante o subbase de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte del tráfico en las calles no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilización. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Base: En general es una capa granular, aunque también puede ser de suelo estabilizado, concreto asfáltico o hidráulico. Su capacidad principal es actuar como componente estructural en los pavimentos, aunque a veces también puede actuar como capa drenante. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Berma lateral: Extensión del nivel de la pista para el estacionamiento de vehículos. Deberá tener un diseño propio. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Capa de Sub-Rasante: Porción superior del suelo regular en corte o parte superior de relleno, de 20 cm de espesor compactado en calles urbanas de 30 cm de espesor en calles arteriales y expresas. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Carril de Diseño: Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente a 80 kN. Normalmente, será cualquiera los carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido, o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Estabilización de suelos: Proceso físico o químico por el que se mejoran las propiedades físico-mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

ESAL's de Diseño: Es la cantidad de aplicaciones de carga por eje estándar, previstas para el funcionamiento en un período de diseño. El procedimiento usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y

configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje estándar, sumándolas luego. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Estación de Control: Lugar en la autopista para controlar el tráfico de vehículos recurrentes en la zona. (Quijano, 2002).

Horas Punta: Es la hora con mayor volumen de tráfico registrado durante las 24 horas del día. (Quijano, 2002).

Índice Medio Diario (IMD): El volumen de tráfico normal de 24 horas de un ejemplo de vehículos, que se estima para cierto tiempo. (Quijano, 2002).

Pavimento. Estructura por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Pista. Faja demarcada o imaginaria destinada al tránsito de una fila de vehículos. (NTE CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010).

Tráfico: Circulación de individuos o vehículos en términos de transporte. (Quijano, 2002).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La integración del cálculo mecanístico-empírico mejora la durabilidad y rendimiento de los pavimentos de pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: El diseño mecanístico-empírico reducirá los costos de mantenimiento y aumentará el desempeño de los pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

H2: La aplicación de un modelo mecanístico brindará un mejor pronóstico para el desarrollo del diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

H3: Conocer las limitaciones del diseño empírico permitirá considerar el cálculo mecanístico para el diseño de pavimentos para pistas y veredas el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño empírico de pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Los cálculos mecanísticos en el diseño de pavimentos.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operación de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Diseño empírico de pistas y veredas en el malecón Daniel Alomía robles, Huánuco, Huánuco, 2023.	Diseño de losa de concreto para pistas y veredas.	Espesor de losa de concreto	Es un enfoque utilizado en la ingeniería civil para el diseño de pavimentos basado principalmente en la experiencia, práctica acumulada, datos históricos de rendimiento de materiales y estructuras.	Se operacionaliza a través de la metodología AASHTO 93 y se sus parámetros como son: Esal, índice de serviciabilidad, coeficiente de transferencia de carga, confiabilidad, drenaje, características del concreto y reacción de la subrasante.
Los cálculos mecanísticos en el diseño de pavimentos.	Optimización de losa de concreto para pistas y veredas.	Tensiones de la losa de concreto Deflexiones de la losa de concreto.	Es un enfoque que se basa en los principios de la mecánica de materiales y su aplicación en la ingeniería de pavimentos. El mecanístico utiliza modelos matemáticos y físicos para predecir el comportamiento del pavimento bajo diferentes cargas y condiciones ambientales. Se enfoca en analizar cómo las tensiones, deformaciones afectan las capas del pavimento, lo que permite diseñar pavimentos más resistentes y optimizados	Se operacionaliza a través de las siguientes variables: Evaluación de las cargas, determinación de las tensiones y deformaciones y optimización del diseño estructural.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación es tipo aplicada, porque aplicaremos la teoría del diseño AASHTO 93 para pavimentos rígidos, y reglamento para vías urbanas bajo las normas peruanas, para el diseño de veredas y el software ISLAB2005 para los cálculos mecánicos.

3.1.1. ENFOQUE

El presente proyecto tiene una metodología cuantitativa a, ya que se estiman las longitudes de diseño para las pistas y veredas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o nivel de esta investigación es explicativo, porque se busca explicar cómo los cálculos mecánicos optimizaran el diseño empírico en la investigación para explicar el proyecto.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de la investigación es no experimental transversal porque se basa en teoría existente, y se planteara la propuesta para la demanda actual del tránsito.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El presente proyecto de investigación de la población de estudio es el pavimento ubicado en el jr. MALECÓN DANIEL ALOMÍA ROBLES en el distrito de Huánuco – Huánuco 2023, debido a su visible deterioro en la infraestructura vial. Conforme a las evaluaciones por el método del PCI evaluadas en la tesis de (Alvarado, 2021).

3.2.2. MUESTRA

El presente proyecto de investigación se realizó el método de levantamiento visual de fallas para obtener la muestra, la cual comprende de la cuadra 1 hasta la cuadra 5 con 430 metros lineales del jr. MALECÓN DANIEL ALOMÍA ROBLES en el distrito de Huánuco – Huánuco, el criterio

de selección es debido a que el pavimento y las veredas ya colapsaron generando tráfico y aumentando el riesgo de accidentes de tránsito.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS

Instrumentos metodológicos.

Como instrumentos metodológicos se utilizó modelo matemático, fichas del MTC para el estudio de tráfico y la guía AASHTO 93.

Instrumentos físicos.

Como instrumentos físicos que ayudarán a realizar la investigación será equipos sofisticados de medición y software ISLAB2005 para diseño y cálculo de datos.

Como técnicas se utilizará la observación para la cuantificación del estudio de tráfico, estudio topográfico y para evaluación de tramos en los cuales se hará la propuesta de mejoramiento.

3.3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para completar la revisión topográfica en comparación con este proyecto de exploración, se hará un repaso topográfico con hardware e instrumentos actuales y particulares, para recoger la información vital.

Para el Estudio de Tráfico, se debe realizar una percepción especializada para contabilizar los vehículos según las clasificaciones vehiculares, como se muestra en el Manual de Estudios de Tráfico 2002, de esta manera se obtiene el surtido de información para el Estudio de Tráfico.

Para realizar el Estudio de Mecánica del Suelo, se recopilará información mediante la toma de pruebas de suelo o estudios realizados en la zona en la que se concentra para obtener los resultados a través de la investigación del suelo.

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La estrategia involucrada será la cuantificación de datos para evaluar información tomada en el campo usando fichas, equipos y el manejo de los resultados que son mostrados por programas de estimación, como Excel e ISLAB2005.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

Para el estudio de tráfico se ubicó el peaje más cercano situado en la provincia de Ambo. Según datos del Ministerio de transportes y comunicaciones nos brinda los factores de corrección promedios para vehículos ligeros y pesados en el peaje de Ambo.

Tabla 2

Factor de corrección de vehículos ligeros peaje AMBO

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)
AMBO

Enero	0.978
Febrero	1.0546
Marzo	1.1877
Abril	1.277
Mayo	1.0179
Junio	1.0278
Julio	0.9661
Agosto	0.9541
Septiembre	1.0045
Octubre	0.9693
Noviembre	0.9846
Diciembre	0.8615
Total	1

Nota. Adaptado de la Ficha Técnica Estándar para Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas (2023).

Tabla 3*Factor de corrección de vehículos ligeros peaje AMBO*

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)
AMBO

Enero	1.0087
Febrero	0.9707
Marzo	1.1288
Abril	1.2086
Mayo	1.0139
Junio	1.0238
Julio	1.0268
Agosto	1.0086
Septiembre	0.9899
Octubre	0.9453
Noviembre	0.9401
Diciembre	0.9497
Total	1

Nota. Adaptado de la Ficha Técnica Estándar para Formulación y Eva aluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas (2023).

Tabla 4*Tasa de crecimiento Anual de Vehículos ligeros (2010-2020)*

Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Ligeros	
Huánuco.	1.94%

Nota: Adaptado de la Ficha Técnica Estándar para Formulación y Eva aluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas (2023).

Tabla 5*Tasa de crecimiento anual de vehículos pesados (2010-2020)*

Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Pesados	
Huánuco.	3.03%

Nota. Adaptado de la Ficha Técnica Estándar para Formulación y Eva aluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas (2023).

La fecha en la que se realizó el estudio de tráfico para el malecón Daniel Alomía Robles es de enero del 2024, entonces usaremos el factor de

corrección para vehículos ligeros 0.9780 y para vehículos pesados 1.0087, y para la estimación de crecimiento anual de vehículos ligeros 1.94% y para vehículos pesados 3.03%.

Los valores cuantitativos que se muestran a continuación son producto de la aplicación del instrumento de recolección de datos para cuantificar la cantidad de vehículos que circulan en la vía. La vía es en doble sentido, por este motivo se consideró para el estudio de tráfico un solo carril, porque se diseñará paños de losas y cada paño cubre solo una sección transversal de un carril.

El conteo vehicular se efectuó desde el lunes 08/01/2024 hasta el domingo 14/01/2024, se comenzó desde las 00:00 del lunes 08/01/2024 hasta las 00:00 horas del lunes 15/01/2024, haciendo un total de 168 horas de estudio de tráfico con la finalidad de diseñar un pavimento rígido en el malecón Daniel Alomía Robles.

Tabla 6

Cálculo del IMDa

Día	Sentido	Automóvil	Wagon	Camionetas			Mic ro	Ómnibus			Camión			Semitraylers					Traylers				
				Pick Up	Pa nel	Rur al		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
Lunes	Der	2486	1418	877	53	124	25	16	9	3	221	37	3	0	0	2	0	2	12	0	0	0	0
Martes	Der	2463	1402	871	45	114	20	14	7	4	155	26	4	1	0	3	0	3	9	2	0	0	0
Miércoles	Der	2411	1377	852	38	87	18	9	8	4	88	14	2	1	1	1	1	2	7	1	0	0	0
Jueves	Der	2336	1333	825	49	72	18	12	7	3	66	13	3	0	0	2	1	1	9	0	0	0	0
Viernes	Der	2561	1459	902	59	145	30	22	9	5	124	24	2	0	0	3	0	2	17	0	1	0	0
Sábado	Der	2111	1208	745	47	106	21	15	8	3	43	6	3	0	0	3	0	2	12	1	2	0	0
Domingo	Der	1988	1134	700	43	101	18	5	7	3	32	3	7	0	0	3	0	2	11	1	0	1	1
IMDs	Der	2336.6	1333	824.	47.	107.	21.	13.	7.	3.	107.	17.	3.	0.	0.	2.	0.	2.	11.	0.	0.	0.	0.1
			.0	6	7	0	4	3	9	6	0	6	4	3	1	4	3	0	0	7	4	1	
Total		2336.6	1333	824.	47.	107.	27.	13.	7.	5.	107.	17.	3.	0.	0.	2.	0.	2.	11.	0.	0.	0.	0.1
			.0	6	7	0	0	3	9	9	0	6	4	3	1	4	3	0	0	7	4	1	
	xFc	2285.17	1303	806.	46.	104.	20.	13.	7.	3.	107.	17.	3.	0.	0.	2.	0.	2.	11.	0.	0.	0.	0.1
			.67	43	66	65	96	40	93	60	93	72	46	2	14	45	29	02	10	72	43	14	4
IMDa		2285	1304	806	47	105	26	13	8	6	108	18	3	0	0	2	0	2	11	1	0	0	0

Nota. Cálculo del índice medio diario anual para el Jr. Malecón Daniel Alomía Robles en la calzada derecha del punto de estación.

4.1.1. CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

Para el cálculo de ESA'L se aplicó la siguiente tabla:

Tabla 7

Relación de cargas por eje para determinar Ejes equivalentes, para pavimentos rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EES1)	$EE_S1=[P/6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EES2)	$EE_S2=[P/8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EE_TA1=[P/13]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EE_TA2=[P/13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EE_TR1=[P/16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	$EE_TR2=[P/17.5]^{4.0}$

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras del MTC (2014).

Tabla 8

Relación de cargas por tipo de vehículo para determinar ejes equivalentes, para pavimento rígido

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	f. IMDA
	2025	RÍGIDO
VEHICULOS LIGEROS	Autos	0.99713984
		0.99713984
	S. Wagon	0.56904611
		0.56904611
	Pick Up	0.35172635
		0.35172635
	Panel	0.0205101
		0.0205101
	Rural	0.04582043
		0.04582043
	Micros	0.01134601
		0.01134601

	2E	13	16.5468443
		13	43.3527415
OMNIBUS	3E	8	10.1826734
		8	18.741924
	4E	6	13.4404884
		6	14.056443
	2E	108	137.466091
CAMIÓN		108	360.161237
	3E	18	22.9110152
		18	62.2440794
	4E	3	3.81850253
		3	11.0560564
SEMITRAYLERS	2S1	0	0
		0	0
		0	0
	2S2	0	0
		0	0
		0	0
	2S3	2	2.54566836
		2	6.66965255
		2	8.32986256
	3S1	0	0
		0	0
		0	0
	3S2	2	2.54566836
		2	6.91600882
		2	6.91600882
>=S3	11	14.001176	
	11	38.0380485	
	11	45.8142441	
2T2	1	1.27283418	
	1	3.33482627	
	1	3.33482627	
	1	3.33482627	
TRAYLERS	2T3	0	0
		0	0
		0	0
		0	0
	3T2	0	0
	0	0	

	0	0
	0	0
>=3T3	0	0
	0	0
	0	0
	0	0

Nota. Cálculo de ejes equivalentes por tipo de vehículo para diseño empírico de pavimento rígido.

Tabla 9

Cálculo de ESAL's

Para Pavimento rígido		
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	3.03 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados	Fca	26.95
Factor Fca = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$		
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 1 sentido, 1 carril por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	1.00
Número de ejes equivalentes (ESAL)	ESAL	8 470 460
#EE=365*(Σf.IMDa)*Fd*Fc*Fca		

Nota. Cálculo de ESAL's para diseño empírico de pavimento rígido

4.2. DISEÑO EMPÍRICO

4.2.1. VARIABLES DE TIEMPO

El objetivo de esta investigación resulta dar un diseño óptimo de pavimento rígido bajo la metodología AASHTO que nos indica valores entre 15 a 25 años para este tipo de vías, con fin de tener un sustento práctico en la normativa peruana el manual del MTC nos indica que como mínimo el pavimento rígido debe considerar un período de diseño de 20 años.

4.2.2. CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La confiabilidad es un factor para optimizar la vía en el sentido del costo total. La metodología AASHTO nos brinda valores mínimos de 80% hasta 95% para este tipo de vías. Para esta investigación se considerará el 80% con fines de continuar optimizando el espesor final del pavimento. Y para desviación estándar la metodología AASHTO nos indica valores de 0.34 sin errores de tránsito mientras que 0.39 para errores en el tránsito. En esta investigación se hizo con cautela el estudio de tráfico por ende se considerará que no tenemos errores en el tránsito, consideraremos el valor de 0.34 para el diseño del espesor.

4.2.3. SERVICIABILIDAD

La metodología AASHTO nos brinda valores de serviciabilidad inicial de 4.5 para pavimentos rígidos mientras que para la serviciabilidad final nos corresponde para el tipo de vía un valor de 2.25.

4.2.4. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

Una de las limitaciones de la investigación era elaborar estudios que involucren pruebas que comprometan físicamente al pavimento por tal motivo se recurrió a buscar estudios elaborados en la zona, el estudio de suelos del proyecto “MEJORAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DEL MALECÓN ALOMÍA ROBLES, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIAN - PUENTE SR. DE BURGOS DEL DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO – HUÁNUCO”. El cuadro de resumen de dicho estudio es el siguiente:

Tabla 10

Resumen del CBR

Calicata	Clasificación AASHTO	Humedad óptima (%)	Máxima	CBR al 95% de la máxima seca (%)	Calificación según Norma CE.010
			densidad seca del Proctor modificado (Ton/m ³)		
C-11	A-1-a (0) + Bo	6.08	2.221	54.02	Excelente
C-12	A-4 (3) +Bo	10.43	1.949	8.92	Regular

C-13	A-2-4 (0) +Bo	8.91	2.018	12.97	Buena
C-14	A-4 (1) +Bo	9.93	1.872	9.52	Regular
C-15	A-4 (0) +Bo	8.61	2.142	24.88	Muy Buena

Nota. Tipo de CBR para las calicatas seleccionadas.

El CBR que se usará será 8.92% de acuerdo a la norma del manual del MTC se recomienda usar el valor mínimo si la cantidad de muestras es inferior a 6.

Para el cálculo del módulo de la reacción de la subrasante incluimos el impacto que genera tener una subbase el con el CBR de 40% con 15 cm de altura.

Tabla 11

CBR de diseño

	CBR (%)	h (cm)
Subrasante	8.92
Subbase	40.0	15

Nota. Elección de CBR y espesor de las capas inferiores del pavimento, el valor de K_e es igual a 217.30 pci.

4.2.5. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES PARA EL PAVIMENTO

El concreto que usaremos para el diseño será de $f'c = 280kg/cm^2$ en psi equivalente a 3 974.19psi y el módulo de elasticidad 3 593 345.10 psi y para el módulo de rotura usaremos el valor de 644.81 psi.

4.2.6. DRENAJE

Para el drenaje obtuvimos datos del SENAMHI para la estación de Huánuco obtuvimos la siguiente tabla que indica la cantidad de días que estará expuesto el pavimento a superar los 10 mm lo cual estimamos que saturaría el pavimento.

Tabla 12

Días de exposición del pavimento a la saturación

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2003	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	4

2004	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	4
2005	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	5
2006	2	1	4	0	0	0	0	0	0	1	2	3
2007	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2008	0	3	3	1	0	0	0	0	1	1	1	1
2009	2	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2010	0	2	4	0	0	0	0	0	0	1	1	3
2011	2	1	5	0	0	0	0	0	1	2	1	3
2012	3	1	1	2	0	0	0	0	0	2	3	6
2013	0	2	4	1	0	0	0	1	0	1	2	2
Promedio	1.0	1.1	2.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	1.2	2.9
	0	8	2	4	9	0	0	9	7	8	7	1

Nota. Cálculo máximo de días que el pavimento estará expuesto a la saturación, adaptado de los datos del SENAMHI lluvia acumulada 2003-2013 para Huánuco.

El valor promedio que el pavimento estará expuesto a la saturación por encima de los 10mm respecto a los datos del 2003 al 2013 es de 1 este valor representa al 3% que estará expuesto el pavimento a niveles de la humedad próximos a la saturación. El valor calculado nos ubica entre valores >1% y <5% para los cuales el coeficiente de drenaje varía entre 0.80 a 1.20 por motivos prácticos aplicaremos un valor promedio entre ambos siendo 1.

4.2.7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Para el coeficiente de transferencia de carga utilizaremos el valor de 2.70 que es un valor comprendido bajo la metodología AASHTO de acuerdo al valor de ESAL's de diseño y con pasadores con o sin refuerzo de temperatura.

4.2.8. CALCULO DE ESPESOR

Según la ecuación de AASHTO el logaritmo del número de ejes equivalente es resultado de los parámetros elegidos para el diseño siendo $\log_{10} 8470460 = 6.93$, entonces para un período de análisis de 20 años, un índice de serviciabilidad inicial de 4.50 e índice de serviciabilidad final de 2.25, un factor de confiabilidad del 80%, una desviación estándar de 0.34, un concreto de $f'c = 3\ 974.17$ psi, módulo de elasticidad de $3\ 593\ 345.10$ psi y módulo de rotura de 644.81 psi. Un valor de la reacción de la subrasante $k = 217.30$ pci, un valor de 2.7 para la transferencia de carga y finalmente un valor de 1 para el coeficiente de drenaje. Obtenemos el valor

de 7.985 pulgadas de espesor de pavimento que satisface la ecuación AASHTO, el espesor requerido para el pavimento será de 20 centímetros, y una subbase granular de 15 centímetros.

4.2.9. DISEÑO DE BARRAS PASA JUNTAS

Diámetro de barra lisa	1/8 x (Espesor de la Losa) 1/8x200 mm = 25 mm
Longitud	45 centímetros
Espaciamiento	30 centímetros
Revestimiento	Grasa Común

4.2.10. BARRAS DE AMARRE

Coeficiente de fricción Losa – Base	F=1.5
Fluencia de acero de	420 MPa
Diámetro de acero	16mm (tráfico pesado)
La distancia de borde libre	4 metros
El porcentaje de resistencia a la tracción	75%
Separación de barras calculada	2.29 m
Separación de barras por proceso constructivo	1.80 m
Área de acero requerida	87.62 mm ² /m
Longitud de barra calculada 1.12 m Asumimos	1.15 m

4.2.11. DISEÑO DE JUNTAS

Coeficiente de expansión térmica	10.8x10 ⁻⁶
Rango de temperatura	27.3°C
Coeficiente de retracción por secado mm/mm	0.0003
Coeficiente de ajuste por fricción Losa/Base	0.8
Tipo de sellador	Asfáltico
Deformación admisible por sellador	0.25
Factor forma	1
Apertura de junta mm	1.90 mm asumimos 2
Ancho de reservorio de la junta 8mm	10 mm
Profundidad mínima del sello 8mm	10 mm
Profundidad mínima de corte 21mm	25 mm

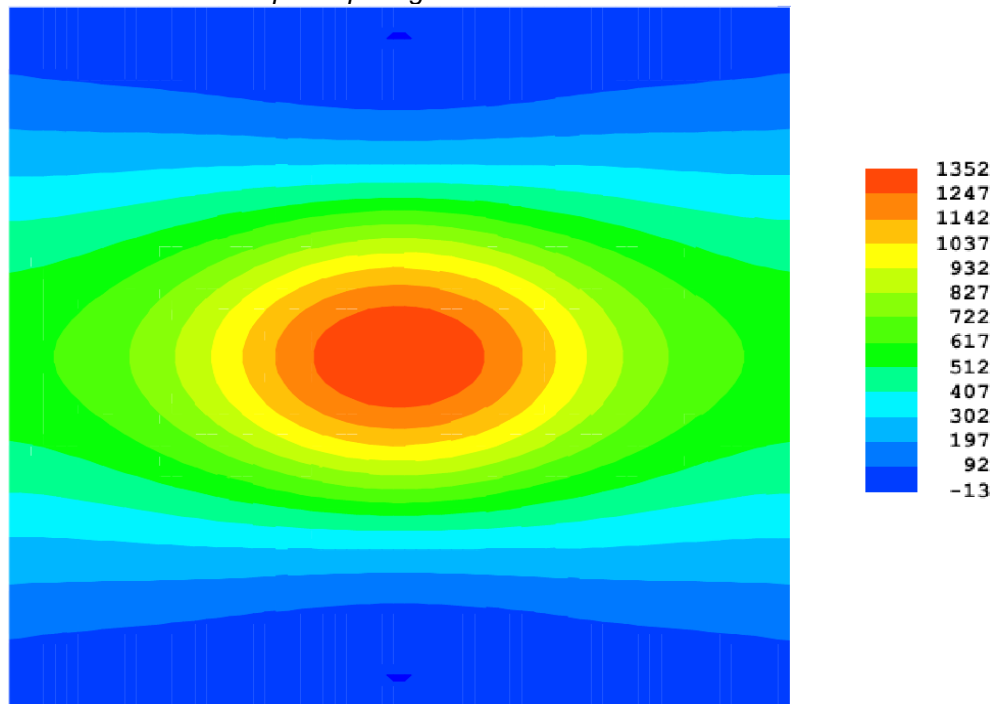
4.3. CALCULO MECANICISTA

4.3.1. ANÁLISIS DE GRADIENTE PARA ALABEO CONSTRUCTIVO

- Para alabeo constructivo de -30°C .

Figura 12

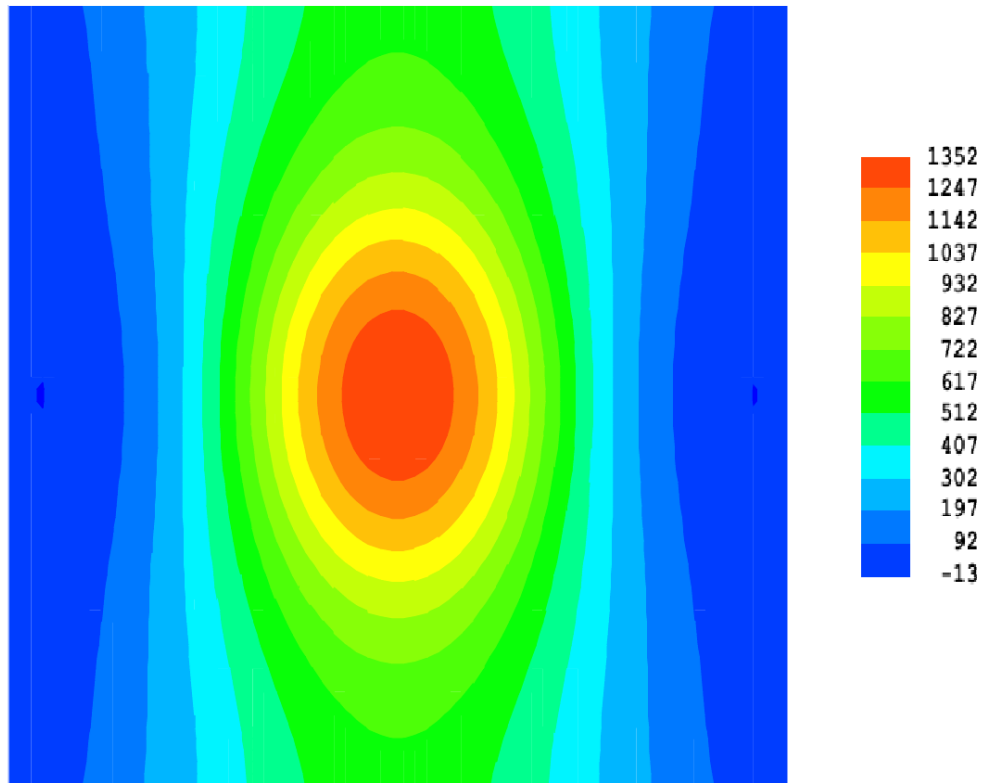
Tensión transversal superior para gradiente -30°C



Nota. Se muestra una tensión máxima de 1352 kPa en la superficie superior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 13

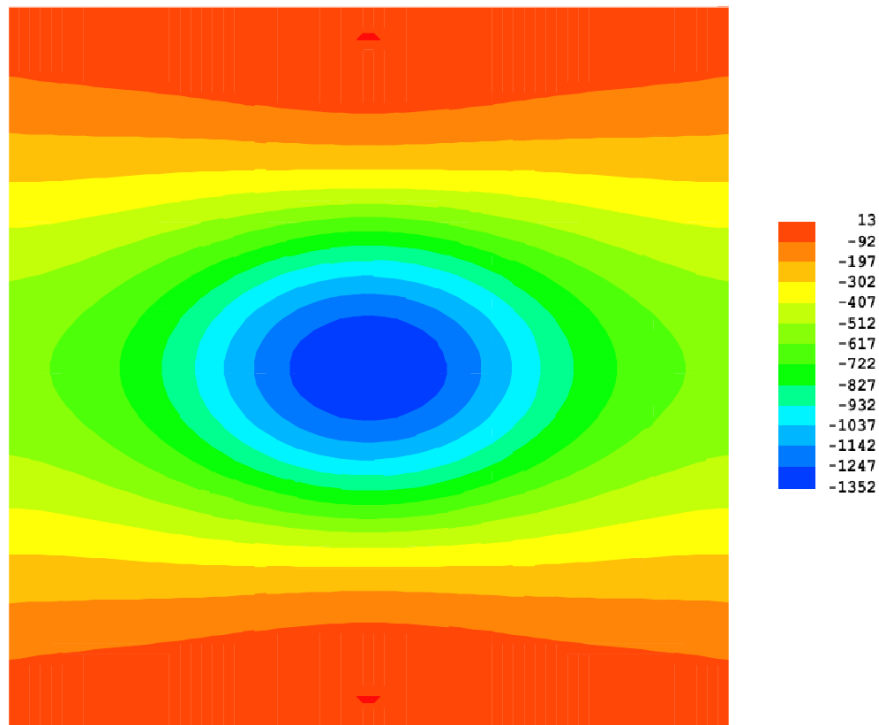
Tensión longitudinal superior para gradiente -30° C



Nota. Se muestra una tensión máxima de 1352kPa en la superficie superior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 14

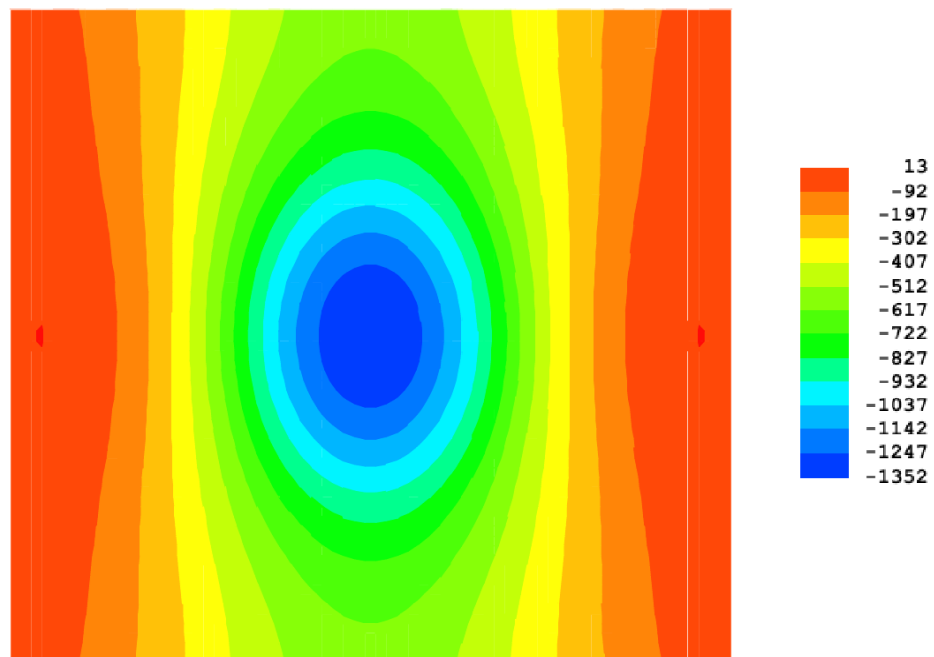
Tensión inferior para gradiente -30°C



Nota. Se muestra una tensión máxima de -1352 kPa en la superficie inferior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 15

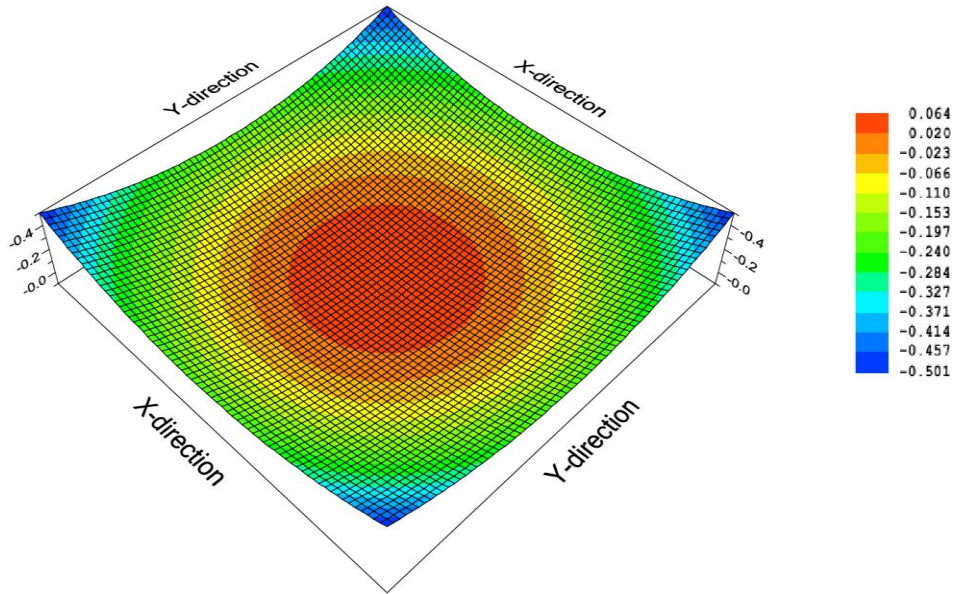
Tensión longitudinal inferior para gradiente -30°C



Nota. Se muestra una tensión máxima de -1352 kPa en la superficie inferior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 16

Deflexión para gradiente -30°C

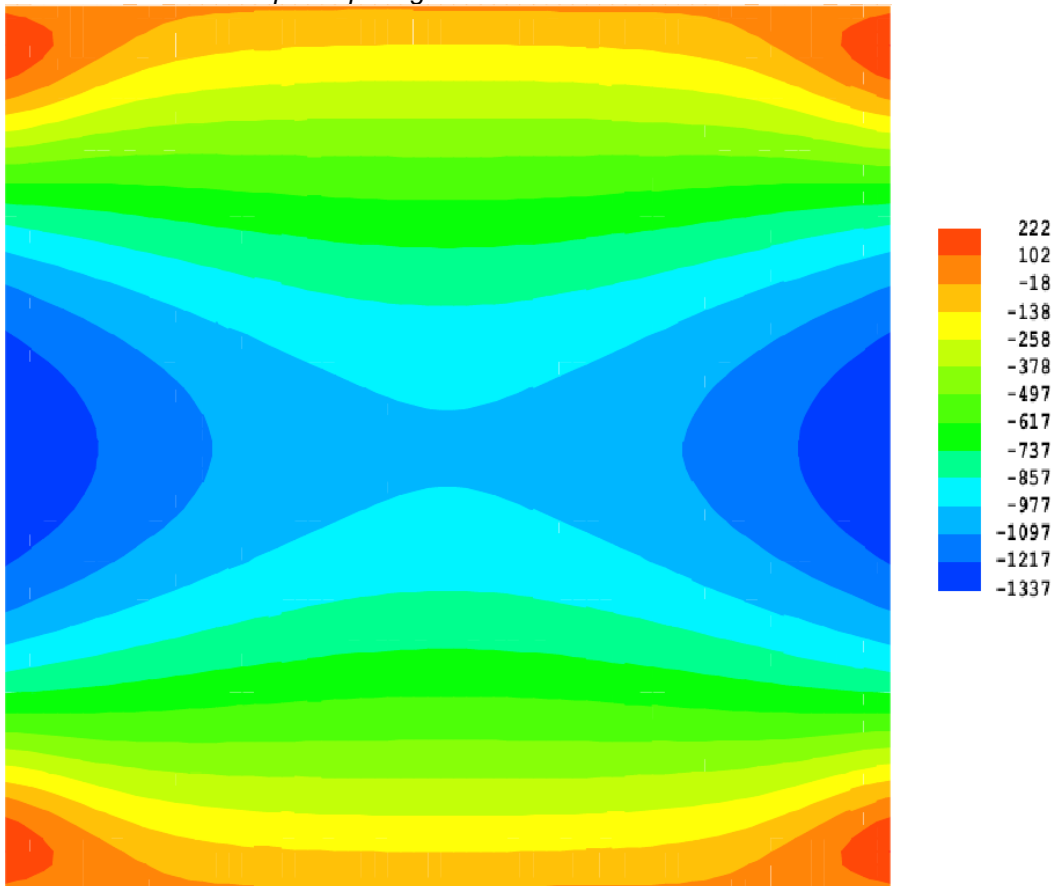


Nota. Se muestra la deflexión máxima de 0.064 cm en la losa de concreto de 4 m x 4 m.

- Para alabeo constructivo de 30°C .

Figura 17

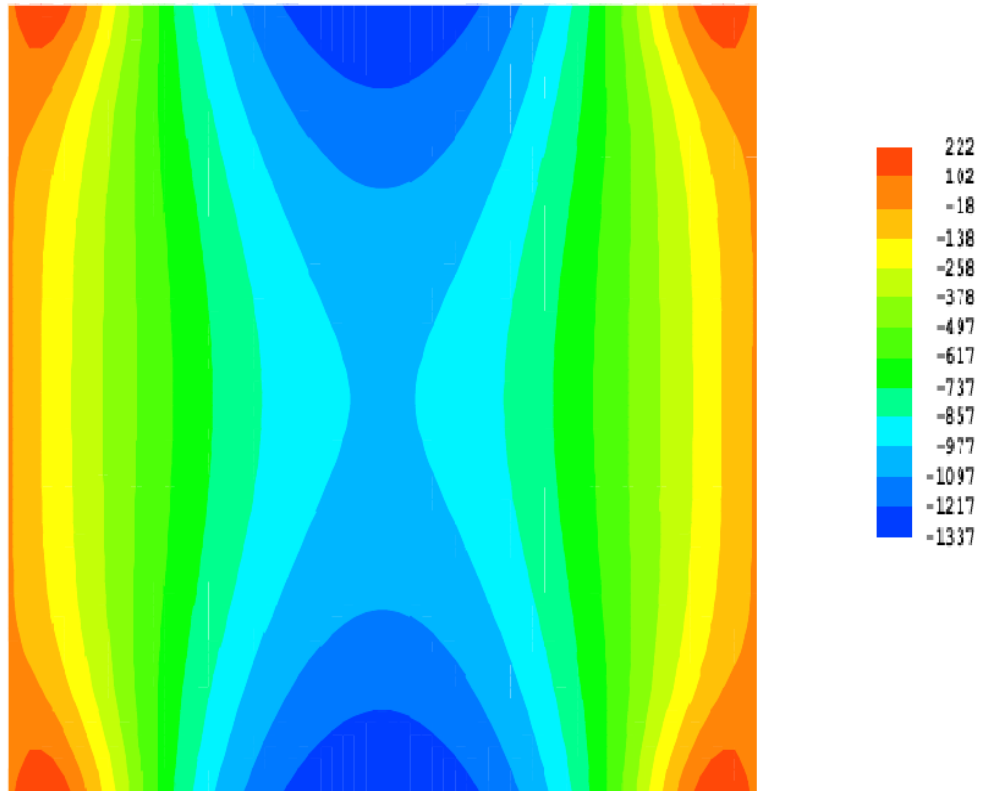
Tensión transversal superior para gradiente 30°C



Nota. Se muestra una tensión máxima de -1337 kPa en la superficie superior de la losa de concreto de 4 m x 4 m

Figura 18

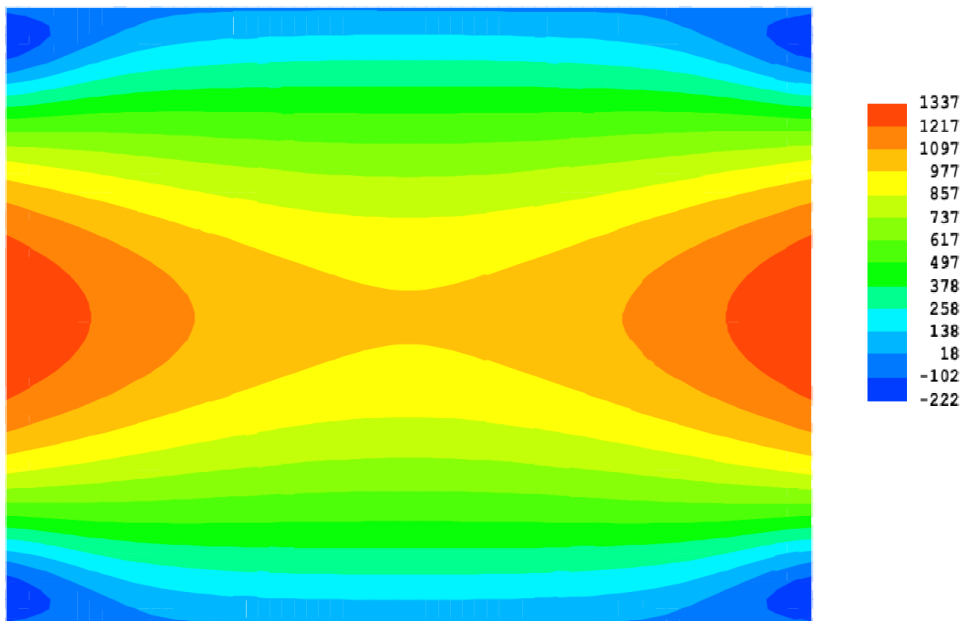
Tensión longitudinal superior para gradiente 30° C



Nota. Se muestra una tensión máxima de -1337 kPa en la superficie superior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 19

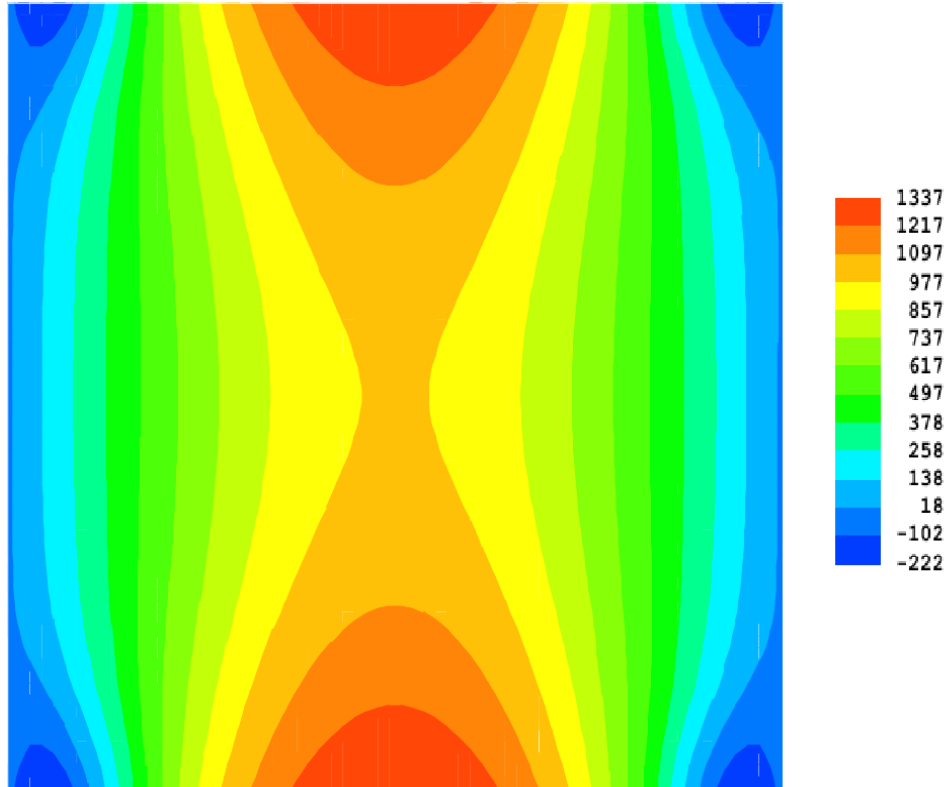
Tensión transversal inferior para gradiente 30° C



Nota. Se muestra una tensión máxima de 1337 kPa en la superficie inferior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 20

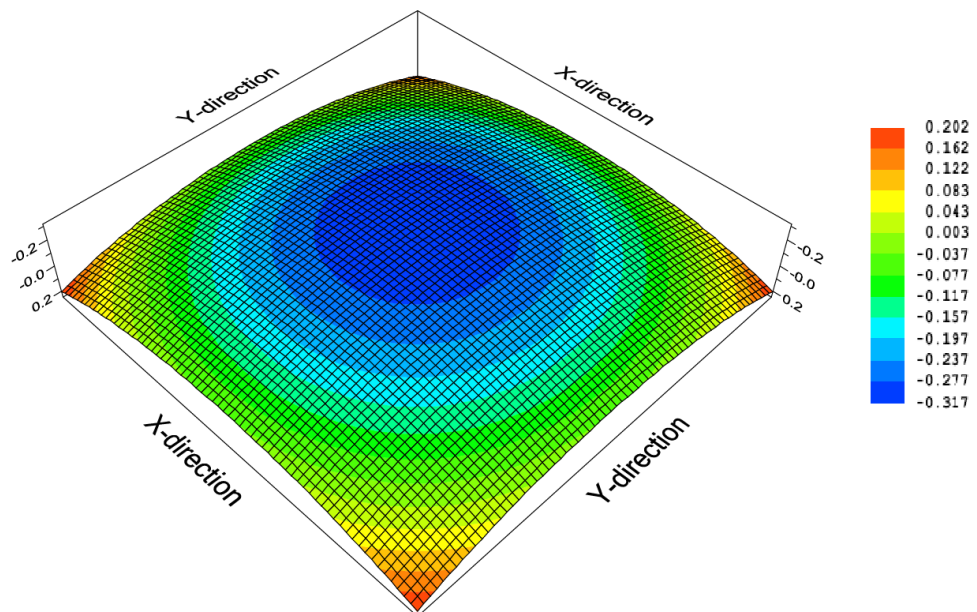
Tensión longitudinal inferior para gradiente 30° C



Nota. Se muestra una tensión máxima de 1337 kPa en la superficie inferior de la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 21

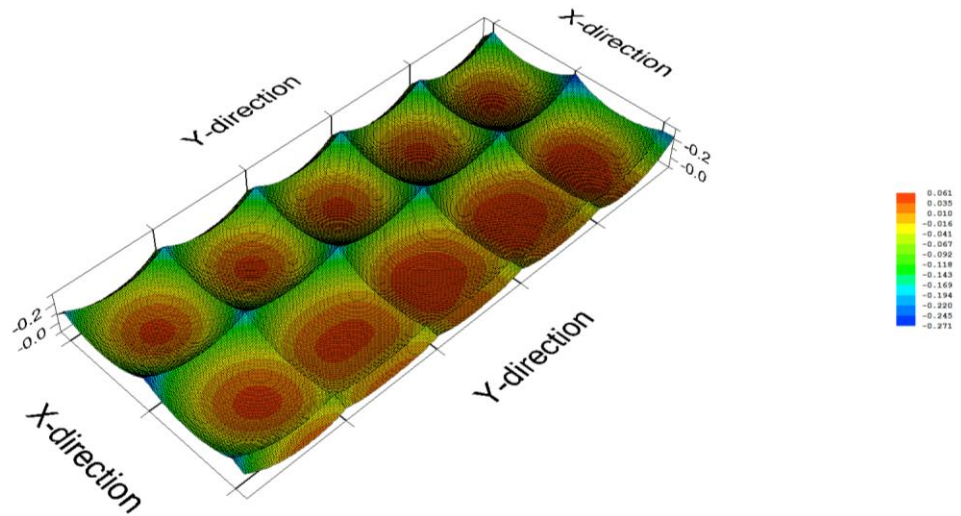
Deflexión para gradiente 30° C



Nota. Se muestra la deflexión máxima de 0.202 cm en la losa de concreto de 4 m x 4 m.

Figura 24

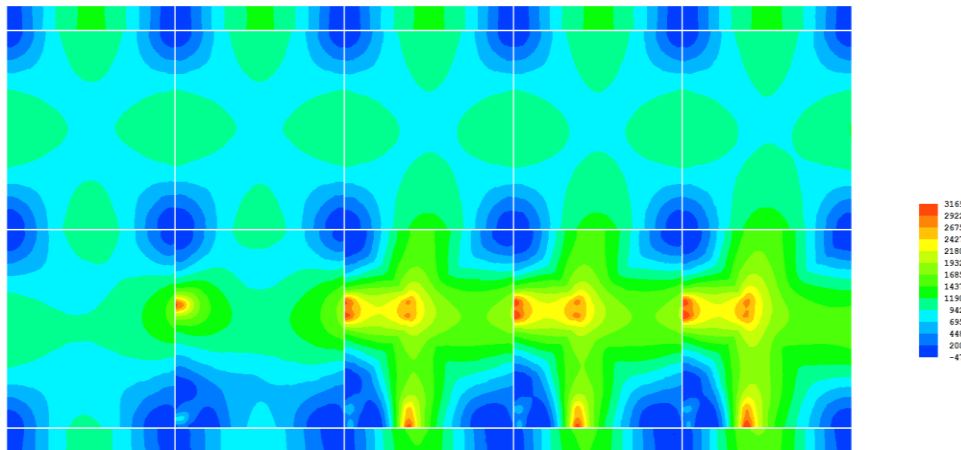
Deflexiones carga esquina gradiente -16° C



Nota. Deflexión máxima de 0.061 cm bajo carga de un Trayler T3S3S2 con gradiente térmico de -16° C en el software ISLAB2005

Figura 25

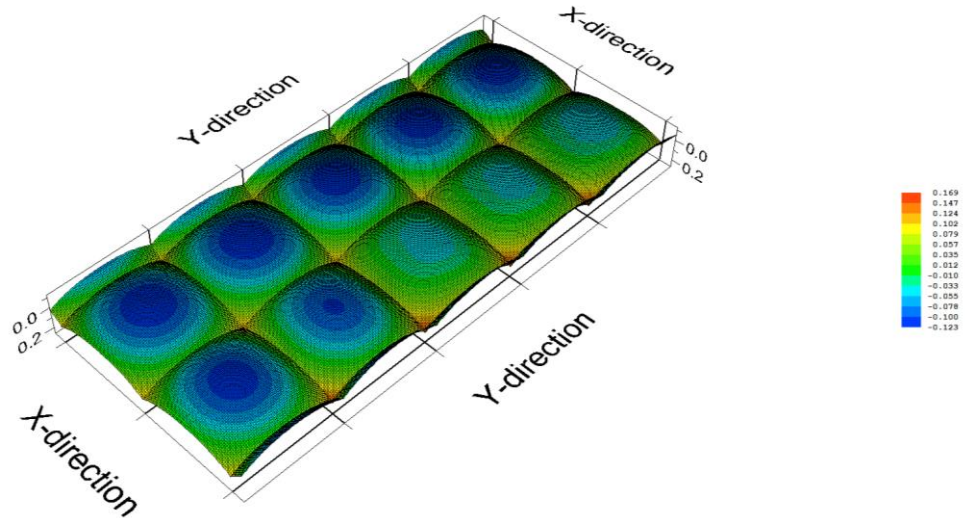
Tensiones carga esquina gradiente 16° C



Nota. Tensión máxima de 3169 kPa bajo carga de un Trayler T3S3S2 con gradiente térmico de 16° C en el software ISLAB2005.

Figura 26

Deflexiones carga esquina gradiente 16° C

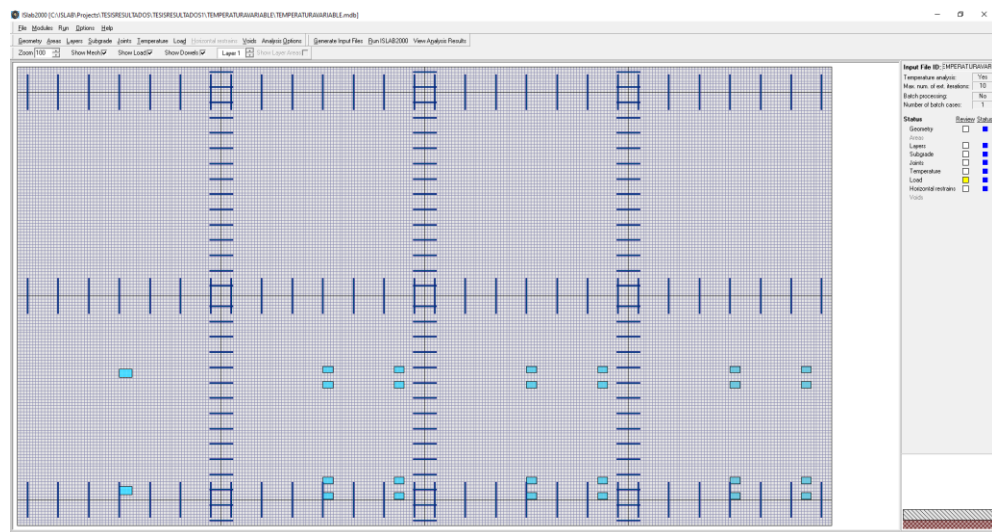


Nota. Deflexión máxima de 0.169 cm bajo carga de un Trayler T3S3S2 con gradiente térmico de 16° C en el software ISLAB2005.

- Carga central

Figura 27

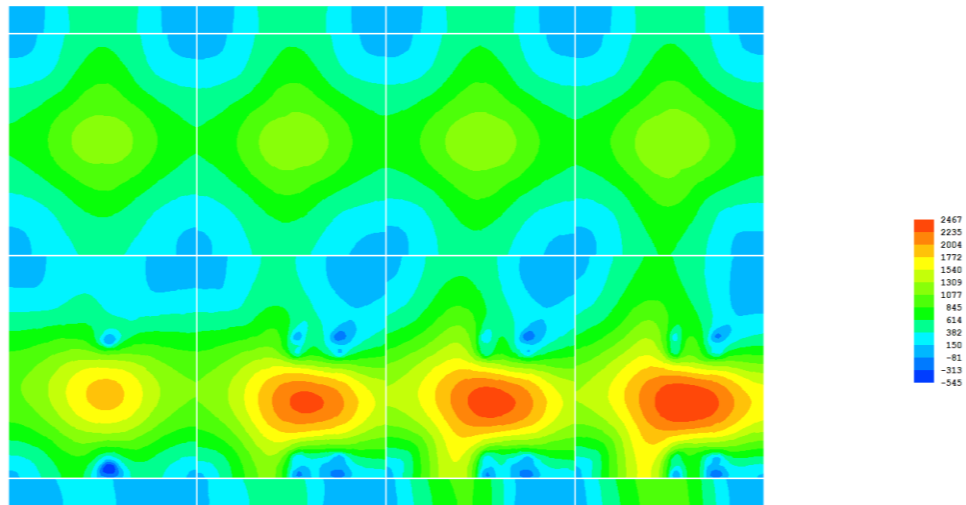
Modelo carga central



Nota. Modelo estructural del pavimento sometido a carga de un Trayler T3S3S2 en el centro el software ISLAB2005.

Figura 28

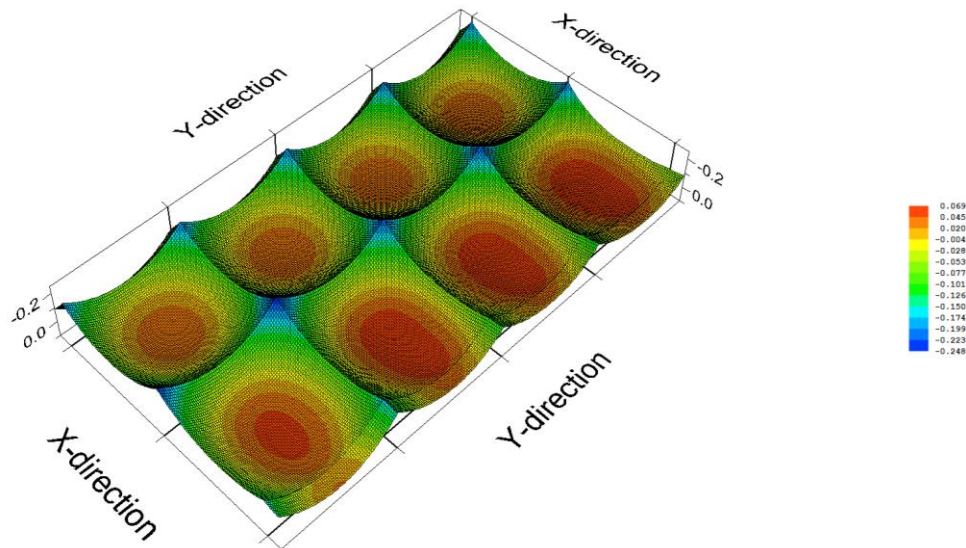
Tensiones carga central gradiente -16° C



Nota. Tensión máxima de 2467 kPa bajo carga de un Traylor T3S3S2 con gradiente térmico de -16° C en el software ISLAB2005

Figura 29

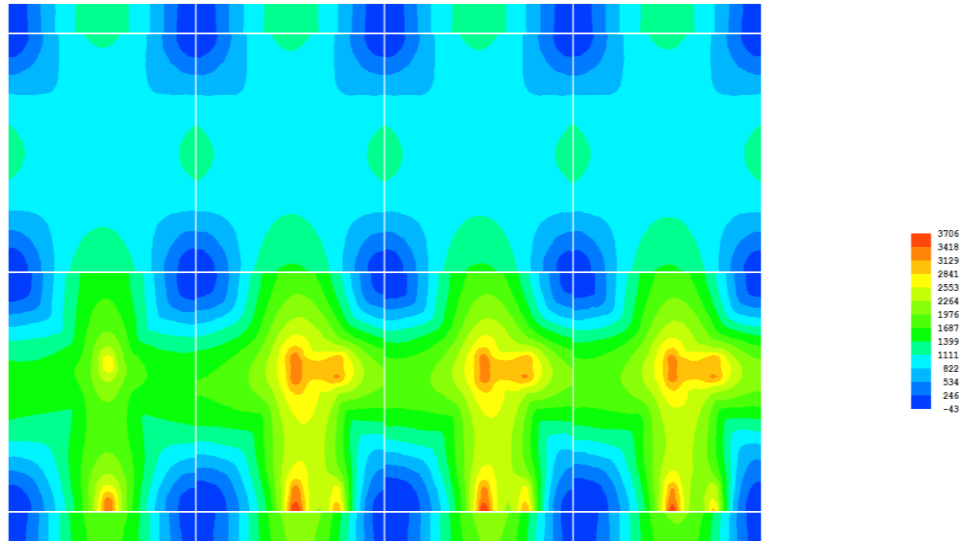
Deflexiones carga central gradiente -16° C



Nota. Deflexión máxima de 0.069 cm bajo carga de un Traylor T3S3S2 con gradiente térmico de -16° C en el software ISLAB2005.

Figura 30

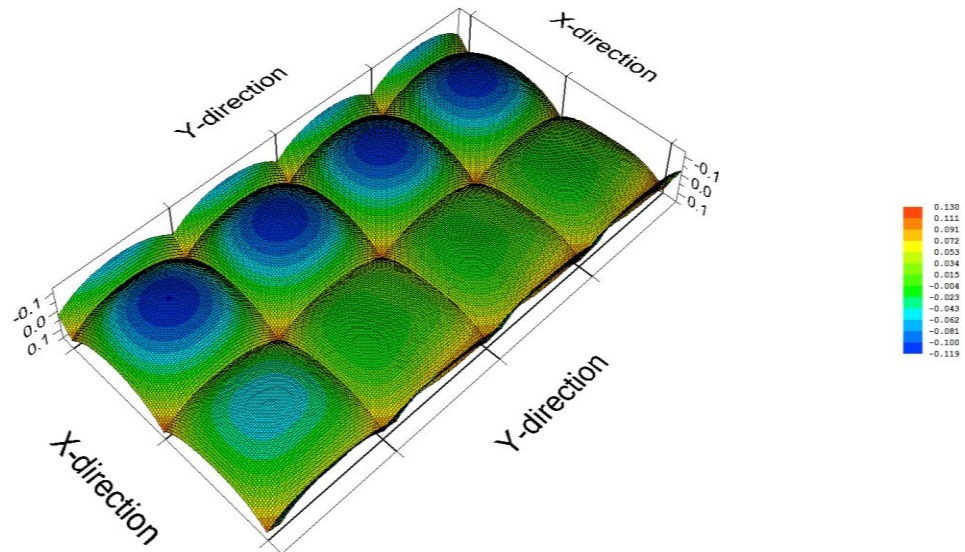
Tensiones carga central gradiente 16° C



Nota. Tensión máxima de 3706 kPa bajo carga de un Trayler T3S3S2 con gradiente térmico de -16° C en el software ISLAB2005

Figura 31

Deflexiones carga central gradiente 16° C



Nota. Deflexión máxima de 0.130 cm bajo carga de un Trayler T3S3S2 con gradiente térmico de -16° C en el software ISLAB2005.

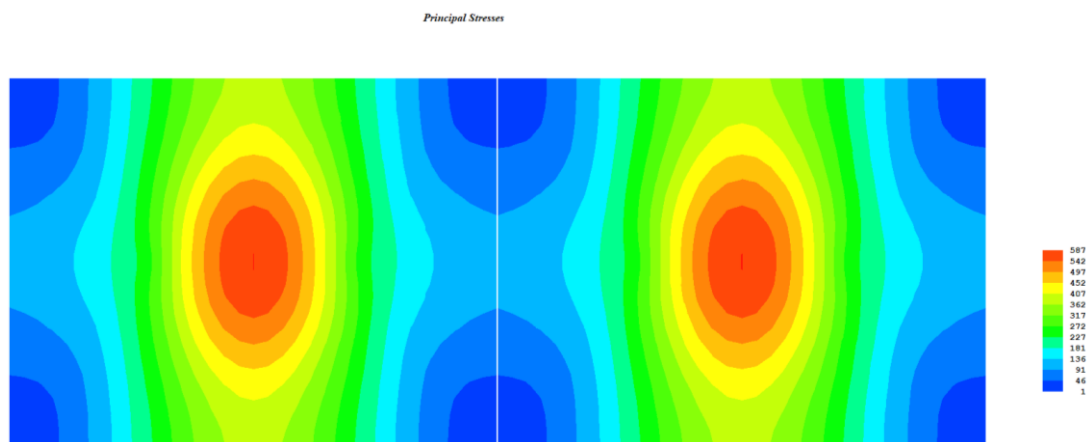
4.4. DISEÑO DE VEREDAS

Para la norma CE0.10 es considerado como un pavimento especial el cual será diseñado con un CBR mayor o igual al 30% si es de concreto mayor o igual a 100 mm y con material mayor o igual a $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

Para losa de 1.5 m x 2 m con gradiente térmico de -25° C , considerando un CBR igual al pavimento rígido.

Figura 32

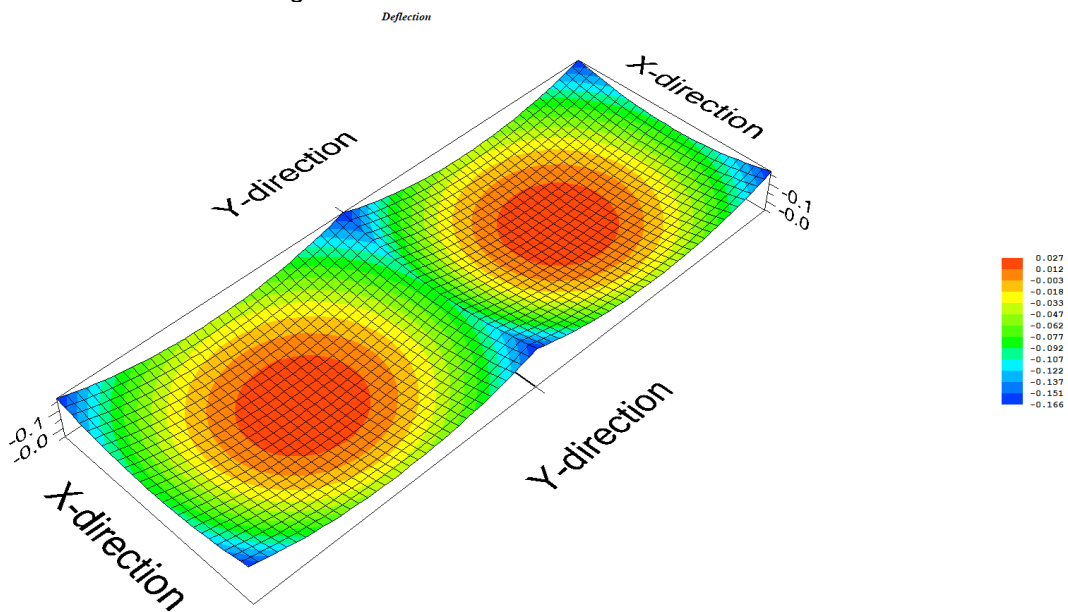
Tensiones en veredas gradiente -25° C



Nota. Tensión máxima de 587 kPa bajo un gradiente térmico de -25° C en el software ISLAB2005.

Figura 33

Deflexiones en veredas gradiente -25° C



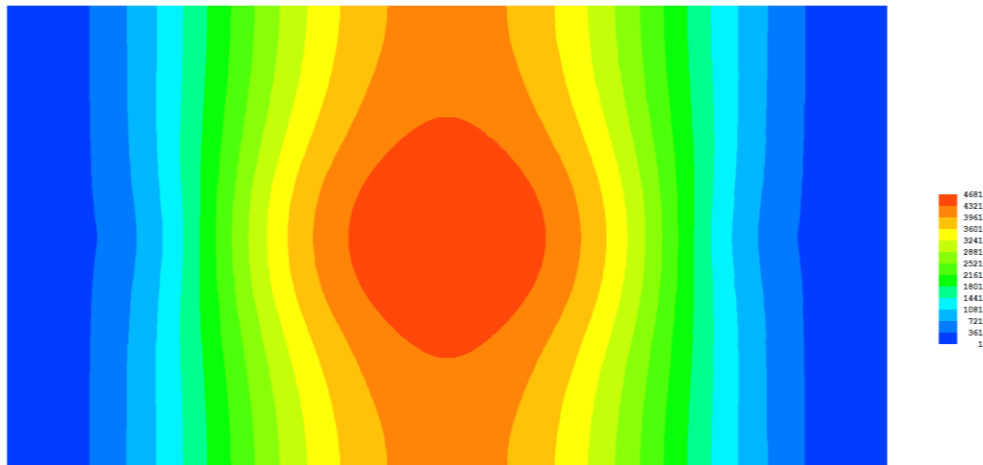
Nota. Deflexión máxima de 0.027 cm bajo carga un gradiente térmico de -25° C en el software ISLAB2005.

4.5. ANÁLISIS DEL PAVIMENTO ACTUAL PARA LA COMPARACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.

- Análisis de gradiente para alabeo constructivo -30° C.

Figura 34

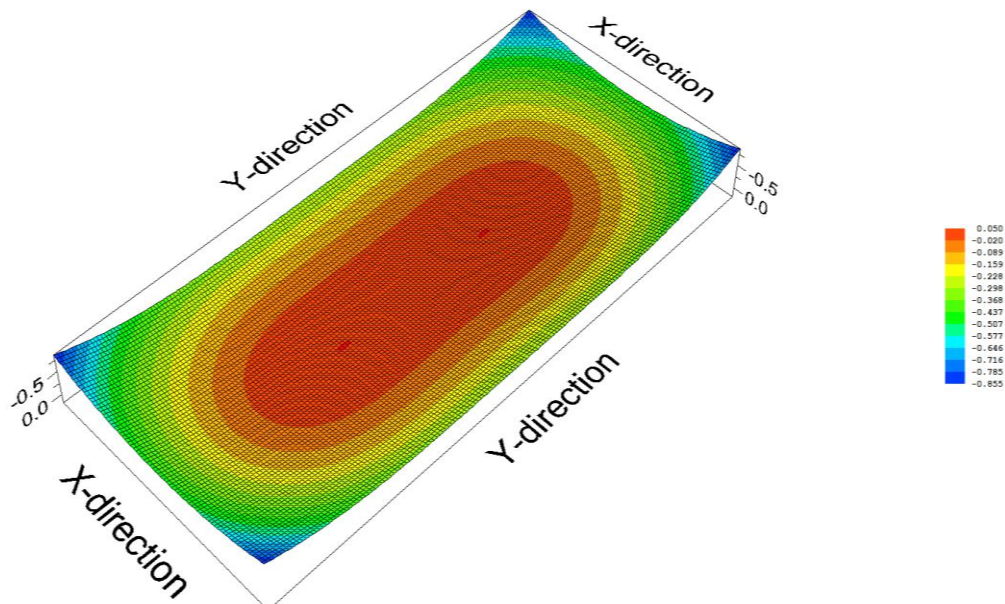
Tensión en Losa 4mx10m gradiente -30° C



Nota. Tensión máxima de 4681 kPa bajo un gradiente térmico de -30° C en el software ISLAB2005.

Figura 35

Deflexión en losa 4mx10m gradiente -30° C



Nota. Deflexión máxima de 0.050 cm bajo un gradiente térmico de -30° C en el software ISLAB2005.

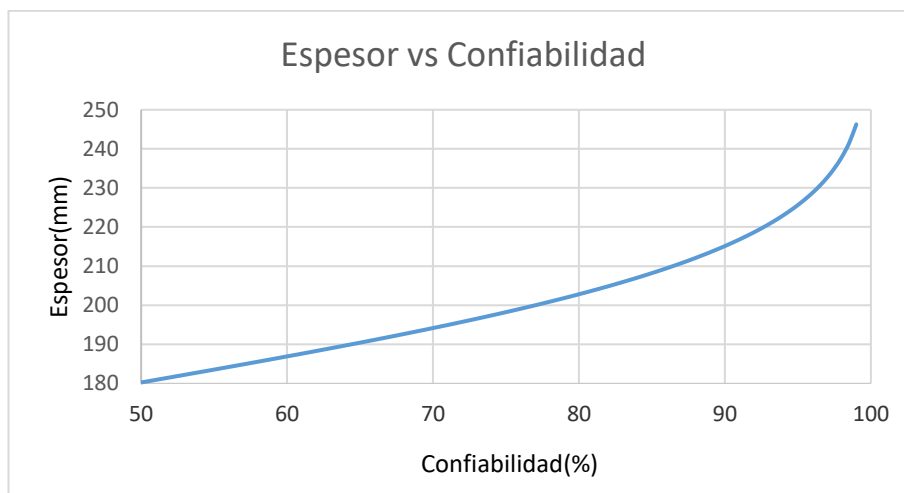
CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Figura 36

Espesor - Confiabilidad



Nota. La relación espesor – confiabilidad no es lineal y tiende a ser exponencial a medida que se aproxima al 100% con una variación en el espesor mayor a 5 cm.

Figura 37

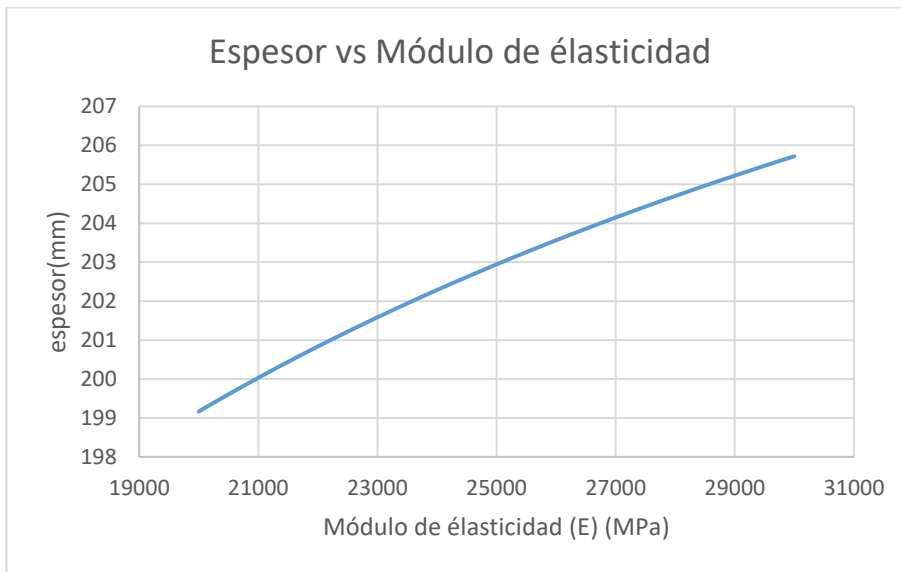
Espesor - Desviación estándar



Nota. La relación espesor – desviación estándar es lineal con una variación en el espesor menor a 1 cm.

Figura 38

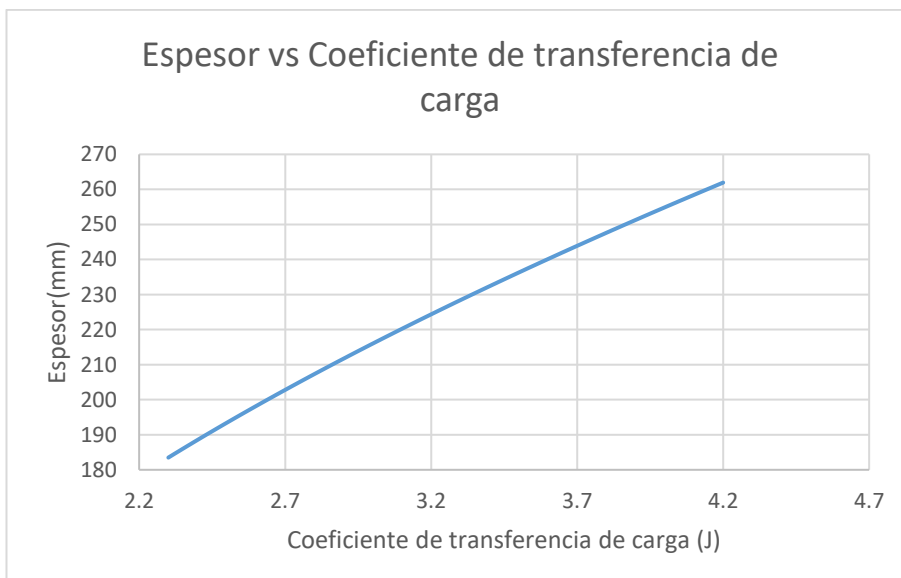
Espesor - Módulo de elasticidad



Nota. La relación espesor – módulo se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor menor a 1 cm.

Figura 39

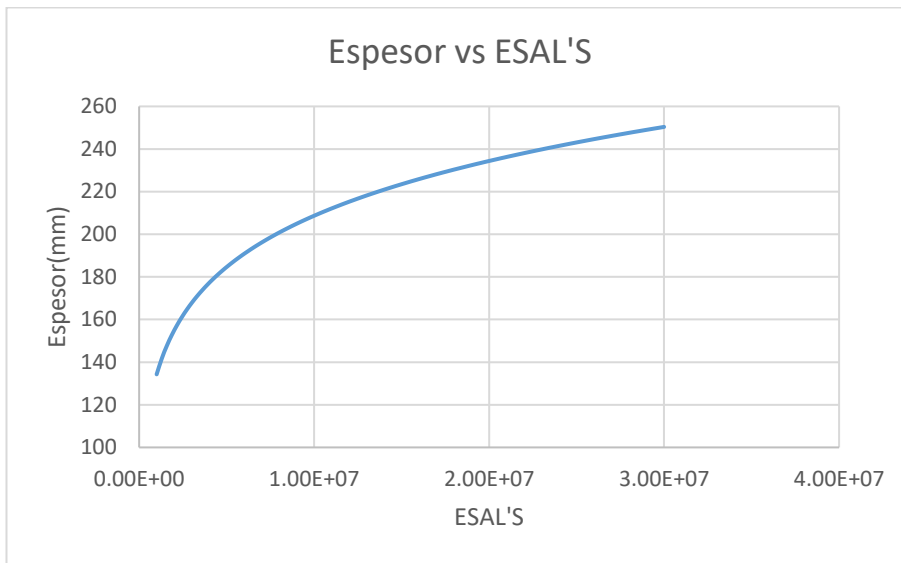
Espesor - Coeficiente de transferencia de carga



Nota. La relación espesor – coeficiente de transferencia de carga se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor mayor a 5 cm.

Figura 40

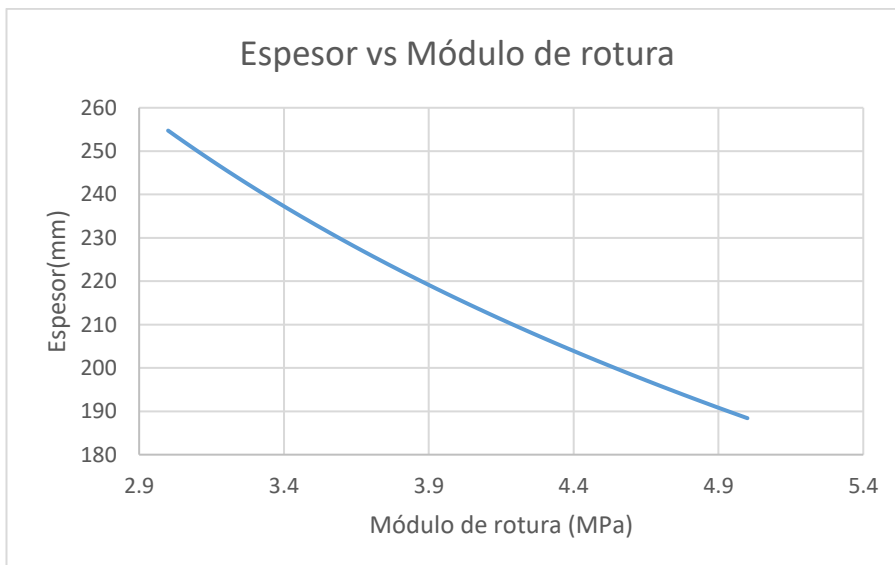
Espesor - ESAL'S



Nota. La relación espesor – ESAL's es exponencial con una variación en el espesor mayor a 10 cm.

Figura 41

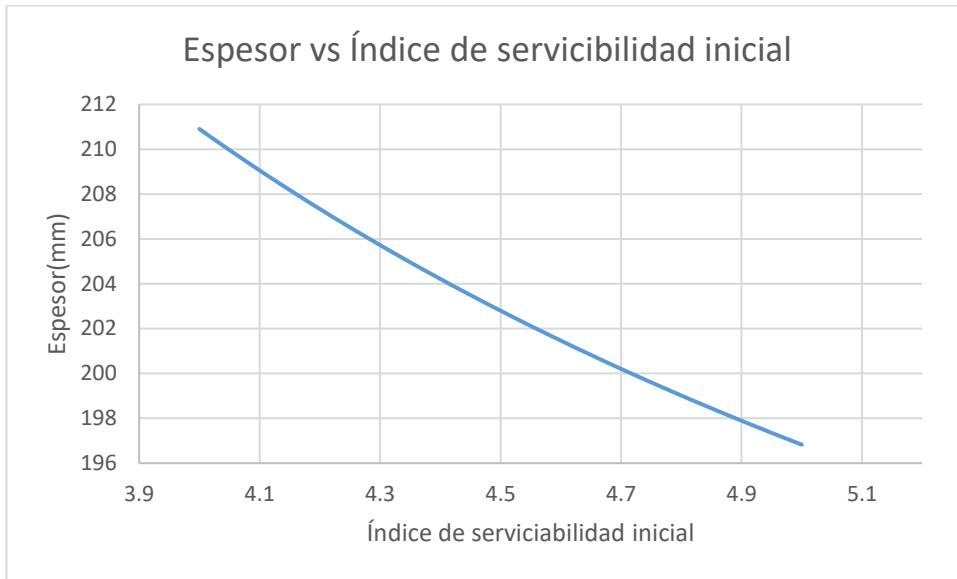
Espesor - Módulo de rotura



Nota. La relación espesor – Módulo de rotura se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor mayor a 5 cm.

Figura 42

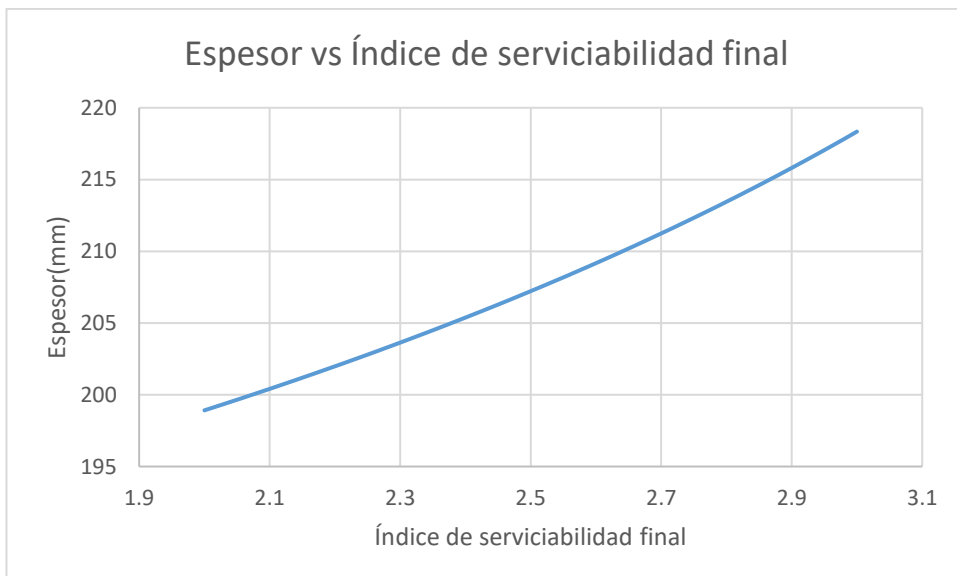
Espesor - Índice de serviciabilidad



Nota. La relación espesor – Índice de serviciabilidad se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor menor a 1.5 cm.

Figura 43

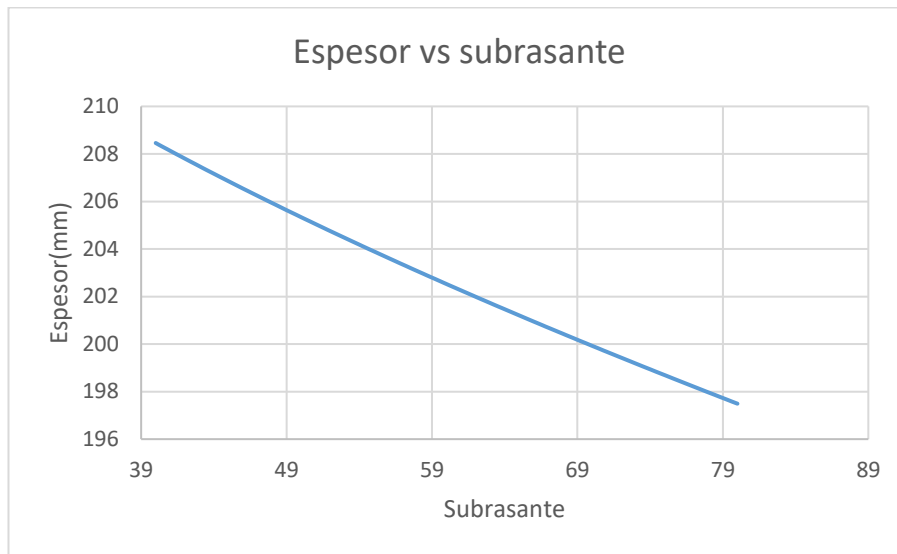
Espesor - Índice serviciabilidad final



Nota. La relación espesor – Índice serviciabilidad final se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor menor a 2 cm.

Figura 44

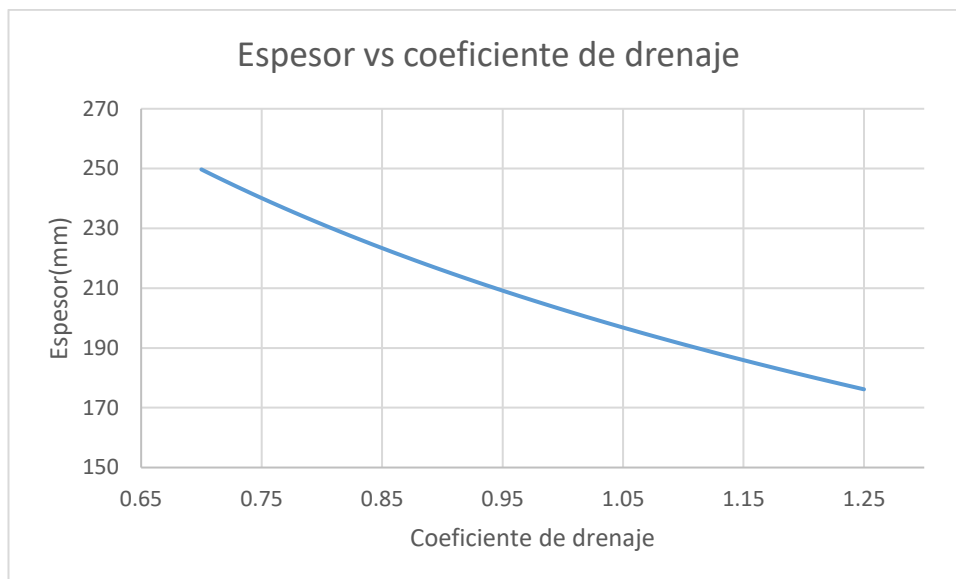
Espesor - Subrasante



Nota. La relación espesor – subrasante se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor menor a 1.5 cm.

Figura 45

Espesor - Coeficiente de drenaje



Nota. La relación espesor – Coeficiente de drenaje se aproxima a la linealidad con una variación en el espesor mayor a 5 cm.

Tabla 13*Comparación de variables - variación en espesor de Losa*

Variables	Variación en espesor de Losa
Subrasante, serviciabilidad inicial y final, módulo de elasticidad, desviación estándar.	Menor a 2.0 cm
Drenaje, Módulo de rotura, Coeficiente de transferencia de carga, Confiabilidad.	Mayor a 5.0 cm
ESAL.	Mayor a 10.0 cm

Nota. La tabla muestra el impacto que genera los cambios en las variables en el espesor de losa calculado por el diseño empírico.

- Las mayores incidencias de variabilidad en el espesor de la losa dependen de los parámetros de drenaje, módulo de rotura, coeficiente de transferencia de carga, confiabilidad y ESAL siendo el más crítico.
- El parámetro de drenaje depende de las condiciones del terreno, es recomendable prever un buen drenaje a reducir el coeficiente.
- El módulo de rotura depende del diseño del concreto, se va a aumentar de acuerdo a los resultados del cálculo mecanicista.
- El coeficiente de transferencia depende del diseño, en esta tesis se empleó las recomendaciones del AASHTO.
- Y la confiabilidad y el ESAL depende del estudio de tráfico.

Los resultados obtenidos por el análisis de sensibilidad tienen semejanza con los resultados de Brandão (2021), existiendo mínimas diferencias en que difieren los objetivos de ambas investigaciones.

Los resultados de Bedón (2021), acerca de sobrestimar las capas de diseño se considera innecesaria en esta tesis, se aplicó igualmente la metodología AASHTO con el criterio de obtener la menor dimensión de la losa para poder analizar en los cálculos mecanísticos y comprobar las tensiones y deflexiones siendo estas las variables que se priorizará en este diseño.

Para el diseño de un pavimento rígido se consideró los efectos climáticos y la reducción de mantenimiento del pavimento de acuerdo a Espinoza (2018), también se logra coincidir que una losa con menor espesor de concreto será

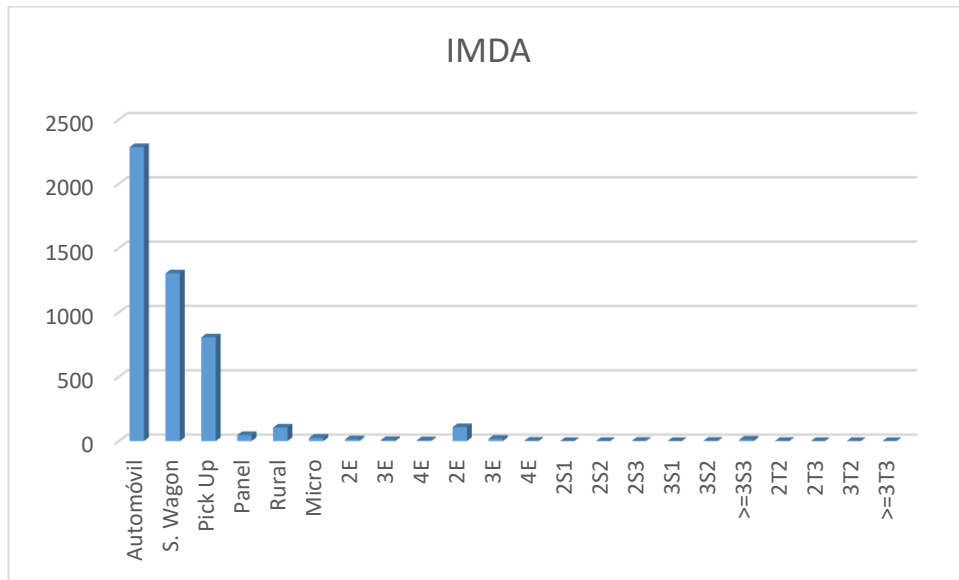
más económica por ende busco obtener el menor espesor posible en el diseño empírico.

Para el estudio de tráfico se realizó durante 24 horas por la presencia de vehículos pesados que pudiera existir a tempranas horas ya que, estos vehículos causan gran daño al pavimento, a diferencia de Mogollón (2022) consideramos el tráfico continuo para poder estimar con mayor precisión el cálculo de ESAL.

Se coincide con Alvarado (2021), que el estudio de tráfico se deberá realizar en períodos más reciente a la construcción del pavimento para coincidir con valores mayor precisión.

Figura 46

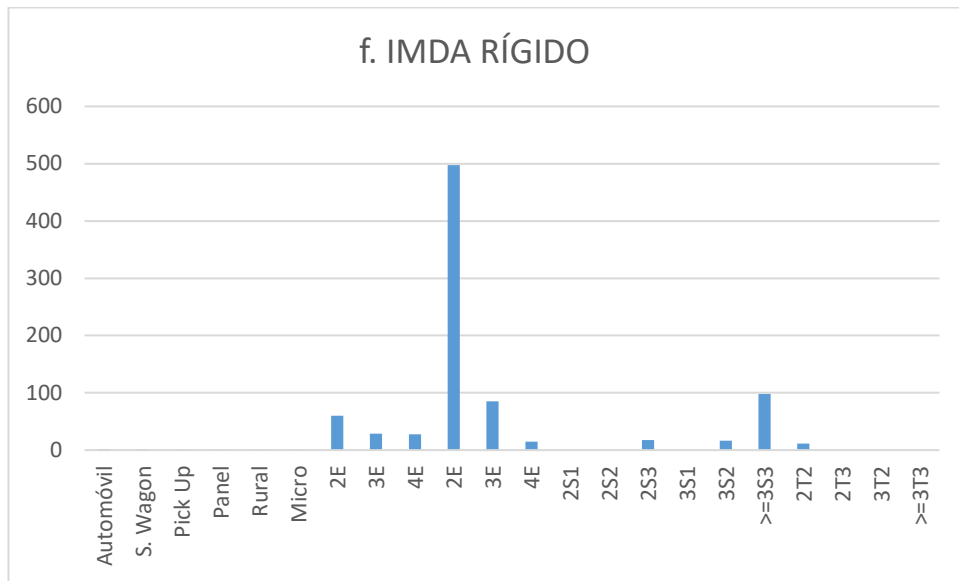
IMDA



Nota. Índice medio diario anual por tipo de vehículo en el jr. Malecón Daniel Alomía Robles.

Figura 47

f. IMDA RÍGIDO



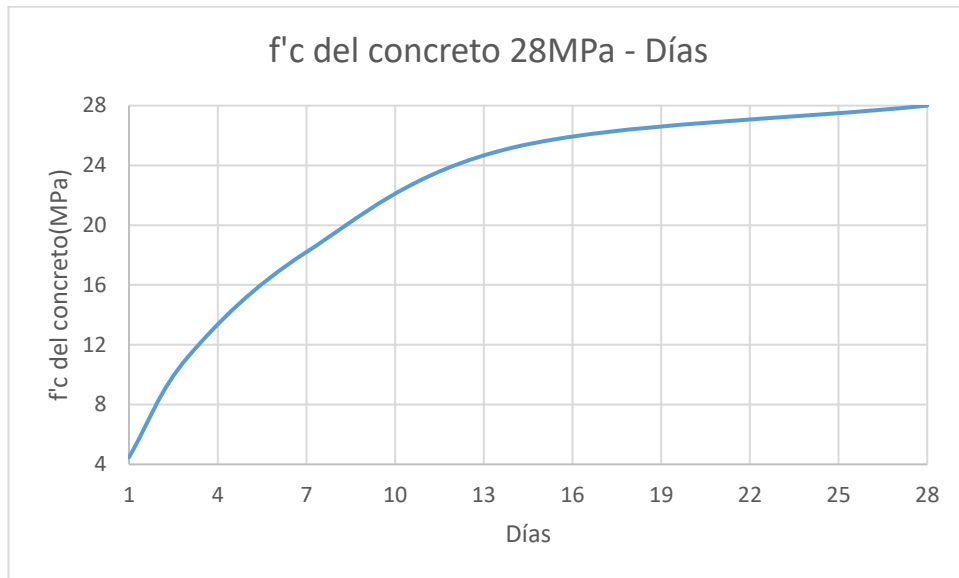
Nota. Representación de impacto de los vehículos para el cálculo de ESAL's.

De los estudios de tráfico se obtiene que predomina el tráfico ligero, pero no tiene repercusión en el cálculo del ESAL'S como el tráfico pesado, siendo el camión 2E el que mayor impacto tiene sobre el cálculo del ESAL's.

5.2. PAVIMENTO RÍGIDO

Figura 48

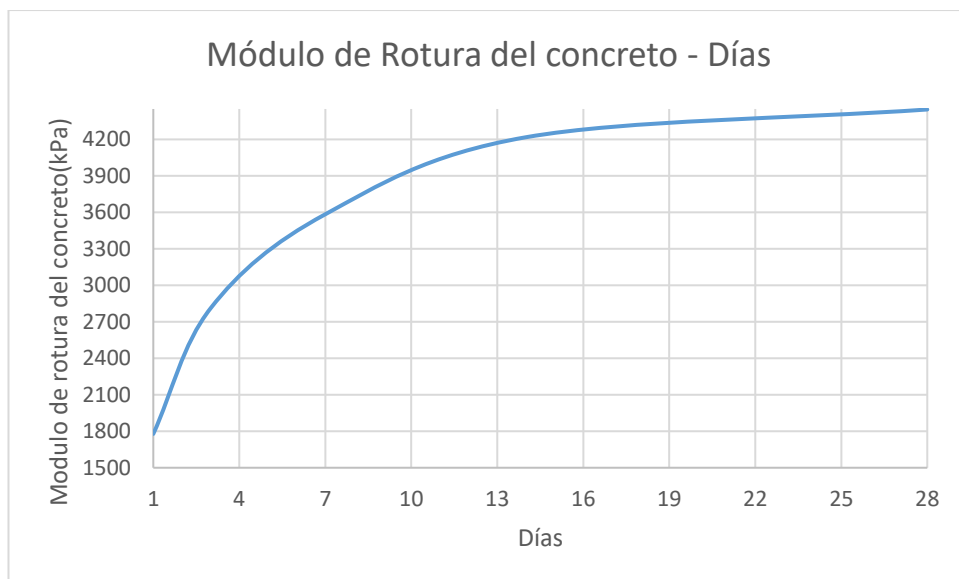
f'c del concreto de 28 MPa - Días



Nota. Fuente: (SciELO, 2017) Resistencia del concreto de $f'_c=28$ MPa hasta los 28 días.

Figura 49

Módulo de rotura del concreto - Días



Nota. Fuente: (SciELO, 2017) Módulo de rotura del concreto de $f'_c=28$ MPa hasta los 28 días.

Los resultados de las tensiones por alabeo constructivo no superan el valor de 1352 kPa, que se dará en los primeros días de construcción de la losa, y el valor del módulo de rotura para los primeros días se estima valores superiores a 1800 kPa, por lo tanto, nuestro módulo de rotura propuesto no

es superado bajo las tensiones climáticas en los primeros días de construcción de la losa.

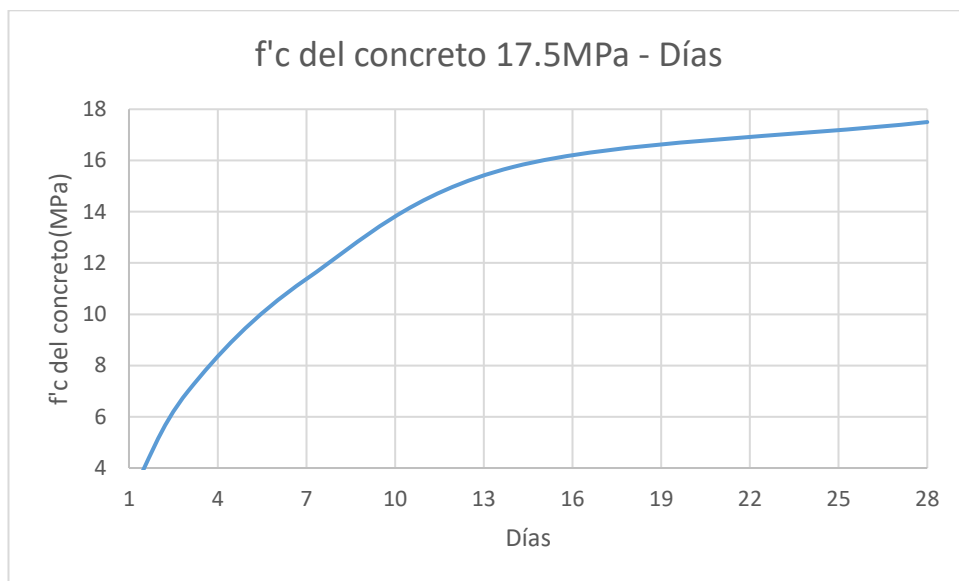
Los resultados de las tensiones bajo condiciones de carga por el camión más pesado existente en el estudio de tráfico el T3S2S2 con gradientes de 16° C se observa a que la mayor tensión es 3706 kPa, que es inferior al valor de nuestro módulo de rotura propuesto 644.81 psi equivalente a 4445 kPa a los 28 días de construcción de la losa.

Como Dávila & Saldaña (2022), se elaboró datos de entrada para el modelo matemático del pavimento, y se obtuvo los esfuerzos y deformaciones del pavimento, sin embargo, no se consideró la mejora de la subbase ni subrasante, porque estamos en rangos óptimos en las pruebas de CBR.

5.3. VEREDAS

Figura 50

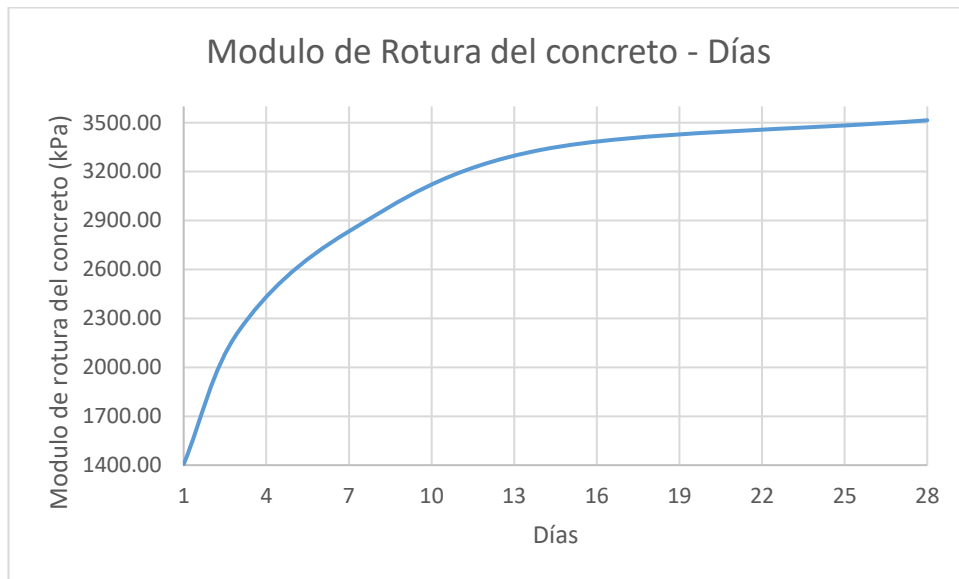
f'c del concreto 17.5 MPa - Días



Nota. Fuente: (SciELO, 2017) Resistencia del concreto de $f'c=17.5$ MPa hasta los 28 días.

Figura 51

Módulo de rotura del concreto 17.5 MPa - Días



Nota. Fuente: (SciELO, 2017) Módulo de rotura del concreto de $f'c=17.5$ Mpa hasta los 28 días.

Los resultados de las tensiones por alabeo constructivo no superan el valor de 587 kPa, que se dará en los primeros días de construcción de la losa, y el valor del módulo de rotura para los primeros días se estima valores superiores a 1400 kPa, por lo tanto, nuestro módulo de rotura propuesto no es superado bajo las tensiones climáticas en los primeros días de construcción de la vereda, y esta será la máxima tensión sometida debido a que no presentará cargas significativas en lo largo de su vida útil.

Para las tensiones por alabeo constructivo para una losa construida en el jr. Malecón Daniel Alomía Robles de 4.5 m x 10 m con gradiente de -30° C es de 4681 kPa, como la tensión sobrepasa los límites del módulo de rotura se estimará aumentar al $f'c=350$ kg/cm² y colocar acero de temperatura $\frac{1}{4}$ " cada 25 cm.

5.4. ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 14

Evaluación de costos en concreto y acero

Tipo	Cantidad	Precio unitario	Total
f'c=350kg/cm ² para losa 4.5mx10.0m	8.00m ³	S/420.00	S/3360.00
f'c=280kg/cm ² ara losa 4.0mx4.0m	8.00m ³	S/380.00	S/3040.00
Acero para losa 4.5mx10.0m	123.50kg	S/3.20	S/395.21
Acero para losa 4.0mx4.0m	69.85kg	S/3.20	S/223.52

Nota. Evaluación de costos para la misma área de losa de concreto.

Tabla 15 *Resumen de costos*

Tipo de losa	Costo
Para losa 4.5mx10m	S/3755.21
Para losa 4.0mx4.0m	S/3263.51

Nota. Comparación de costos para el mantenimiento de las losas de concreto.

En el análisis del modelo mecánico no se consideró elementos sanitarios que puedan conformar la vía como en Briceño y Aranibar (2021) recomiendan, debido a que se analizó el carril que colinda con el río y se observó que el carril menos cargado es el que colinda con las edificaciones, donde se ubica la mayor parte de elementos sanitarios, debido a esto el pavimento diseñado no debería tener inconvenientes en el carril con menor demanda vehicular.

En los estudios realizados en la vía se observó el mal estado de esta de acuerdo a Lino (2022), se sostiene que se podría reemplazar por un nuevo pavimento.

De acuerdo a los estudios realizados por Prudencio (2019) se coincide, que en este proyecto se realizó el análisis de todas las muestras de CBR para poder diseñar bajo un solo CBR la subbase del pavimento y así de esa manera identificar la necesidad de capas adicionales.

5.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

HIPÓTESIS GENERAL

La integración del cálculo mecanístico-empírico mejora la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos de pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

CONTRASTACIÓN

La hipótesis general fue corroborada a través del análisis comparativo entre el diseño mecanístico-empírico y el diseño empírico tradicional. Los resultados obtenidos en términos de durabilidad, resistencia estructural y reducción de costos de mantenimiento confirmaron que la integración del cálculo mecanístico aporta una mejora significativa a en el rendimiento de los pavimentos. Los pavimentos diseñados bajo este enfoque muestran una mayor capacidad para soportar las cargas vehiculares previstas, reducen el agrietamiento y deformaciones a largo plazo, y prolongan su vida útil, lo cual se traduce en una disminución en la frecuencia y costo de las intervenciones de mantenimiento.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

H1: El diseño mecanístico-empírico reducirá los costos de mantenimiento y aumentará el desempeño de los pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

CONTRASTACIÓN: Los resultados del estudio confirman que el diseño mecanístico-empírico contribuye a una reducción significativa a en los costos de mantenimiento en comparación con el diseño empírico tradicional. Esto se debe a que el enfoque mecanístico permite un análisis más detallado de las tensiones y deformaciones en las capas del pavimento, optimizando su grosor y los materiales utilizados. Como consecuencia, el pavimento presenta una mayor resistencia a las cargas vehiculares, lo que reduce el desgaste prematuro y la necesidad de reparaciones frecuentes. Además, el desempeño del pavimento optimizado supera al del diseño empírico, mostrando una mayor capacidad para soportar condiciones climáticas adversas y tráfico pesado, lo que prolonga su vida útil y reduce la frecuencia de intervenciones.

H2: La aplicación de un modelo mecánico brindará un mejor pronóstico para el desarrollo del diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

CONTRASTACIÓN: El uso de un modelo mecánico en el diseño del pavimento demostró ser un método superior para pronosticar el comportamiento estructural del pavimento a lo largo de su vida útil. A diferencia del enfoque empírico, el modelo mecánico permite considerar de manera más precisa factores clave como las características del tráfico, las propiedades de los materiales y las condiciones del terreno. Los resultados obtenidos confirman que el modelo mecánico proporciona predicciones más fiables sobre la respuesta del pavimento frente a las cargas vehiculares y las condiciones climáticas, lo que facilita un diseño más robusto y adaptado a las necesidades específicas de la vía. Esta precisión en los pronósticos se traduce en un diseño más eficiente y duradero.

H3: Conocer las limitaciones del diseño empírico permitirá considerar el cálculo mecánico para el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.

Contrastación: El análisis de las limitaciones del diseño empírico permitió evidenciar que este enfoque no es suficiente para satisfacer las demandas estructurales y de tráfico específicas del Malecón Daniel Alomía Robles. Los resultados mostraron que el diseño empírico, al basarse en tablas y datos históricos generales, no es capaz de adaptarse con precisión a las condiciones particulares del terreno y el tráfico en la zona de estudio. Esta limitación refuerza la necesidad de implementar el cálculo mecánico, que ofrece una mayor flexibilidad y precisión al diseñar pavimentos adaptados a las realidades locales. El conocimiento de estas limitaciones permitió validar la importancia de adoptar el enfoque mecánico, el cual se confirmó como una solución más eficiente para garantizar la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos en la zona

CONCLUSIONES

- Se logró optimizar el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, mediante el uso de cálculos mecanísticos. El diseño optimizado garantiza un mejor desempeño estructural del pavimento bajo las condiciones de carga vehicular y ambientales de la zona, prolongando la vida útil del pavimento y reduciendo la necesidad de intervenciones frecuentes. El enfoque mecanístico permite una mejor adaptación a las condiciones específicas del terreno y al tráfico proyectado, mejorando tanto la resistencia del pavimento como su sostenibilidad económica.
- La comparación de los costos de mantenimiento y desempeño entre el diseño mecanístico y el diseño empírico demuestra que el primero ofrece mayores beneficios a largo plazo. Aunque el costo inicial del diseño mecanístico es ligeramente superior, el análisis a lo largo del ciclo de vida del pavimento muestra que los costos de mantenimiento se reducen considerablemente, debido a la mayor durabilidad y resistencia del pavimento diseñado con cálculos mecanísticos. Además, el desempeño del pavimento optimizado es notablemente mejor, lo que minimiza el riesgo de fallas prematuras y garantiza un menor deterioro frente al tráfico pesado.
- Se desarrolló un modelo de cálculo mecanístico adecuado para el diseño de pavimentos en las pistas y veredas del Malecón Daniel Alomía Robles. Este modelo toma en cuenta factores como el tráfico proyectado, el módulo de reacción de la subrasante, cargas vehiculares y las condiciones ambientales de la zona. El modelo permite realizar un análisis detallado de las tensiones y deformaciones en las diferentes capas del pavimento, lo que posibilita el diseño de una estructura más eficiente. El uso de este enfoque ha mostrado que es capaz de predecir con precisión el comportamiento del pavimento bajo diferentes escenarios de carga, optimizando tanto los espesores de las capas como los materiales empleados.
- La evaluación del diseño empírico evidenció varias limitaciones, especialmente en la capacidad de adaptarse a las condiciones

específicas del tráfico y suelo de la zona de estudio. Los diseños empíricos, al basarse en datos históricos y tablas estándar, no ofrecen la flexibilidad ni la precisión necesarias para prever adecuadamente el comportamiento del pavimento en entornos complejos como el Malecón Daniel Alomía Robles. Se observó que el diseño empírico tiende a subestimar o sobreestimar las condiciones reales del terreno y las cargas vehiculares, lo que resulta en un mayor desgaste y frecuentes necesidades de mantenimiento. En consecuencia, el enfoque empírico no es el más adecuado para este tipo de infraestructura.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incluir en futuros estudios el análisis de elementos sanitarios, de drenaje y otras infraestructuras subterráneas que puedan afectar el desempeño del pavimento. Aunque en este estudio no se consideró los elementos sanitarios, su influencia a largo plazo en la estabilidad del suelo y en la integridad del pavimento debería evaluarse con mayor detalle para evitar futuros problemas de asentamientos o filtraciones que pudieran comprometer la estructura.
- Para futuras investigaciones, se sugiere realizar un análisis del ciclo de vida del pavimento diseñado mediante cálculos mecanicistas. Este enfoque permitirá una estimación más precisa de los costos a lo largo de la vida útil del pavimento, incluyendo los costos de mantenimiento, rehabilitación y reemplazo. Un estudio integral proporcionaría un análisis más detallado de la rentabilidad de los diseños mecanísticos frente a los empíricos, contribuyendo a decisiones de inversión más informadas.
- Desarrollar estudios sobre el impacto del cambio climático en el diseño de pavimentos. Debido a los efectos del cambio climático y las variaciones en las condiciones climáticas, se recomienda realizar estudios que integren modelos climáticos en los cálculos mecanísticos de pavimentos. Esto permitirá ajustar el diseño a las posibles variaciones en la temperatura, precipitación y otros factores que podrían influir en la durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua, como el Malecón Daniel Alomía Robles.
- Una posible línea de investigación futura sería la aplicación de modelos mecanicistas en otras zonas urbanas y rurales de la región de Huánuco o en otras ciudades con características geográficas y de tráfico similares. Esto permitiría generalizar los resultados obtenidos en este estudio y validar la efectividad del enfoque mecanicista en una mayor variedad de contextos, proporcionando una base de datos más robusta para los diseñadores de pavimentos en diferentes tipos de terrenos y condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACE Geosynthetics. (s.f.). *Estabilización de Subrasante: Geoace*.
<https://www.geoace.com/es/app/Construcci%C3%B3n-de-Carreteras-y-Ferrocarriles/Estabilizaci%C3%B3n-de-Subrasante>
- Alvarado Estacio, E. R. (2021). *Evaluación y Mejoramiento del pavimento por el método del PCI en la calle Malecón Daniel Alomía Robles – Huánuco – 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77629>
- American Association of State and Transportation Highway Officials. (1993). *AASHTO guide for Design of Pavement Structures 1993*. American Association of State and Transportation Highway Officials. <https://doi.org/10.56051-055-1>
- Bedón Barreno, A. M. (2021). *Diseño de pavimentos aplicando la metodología AASTHO 93 mediante la programación de un software interactivo [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]*. Repositorio institucional.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/11449>
- Brandão Ticianelli, M. (2021). *Estudio de la variabilidad de los parámetros de diseño y sus efectos en el desempeño de los pavimentos urbanos*. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de ingeniería [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.uc.cl/xmlui/handle/11534/63035>
- Briceño Flores, H., & Aranibar Muñoa, C. A. (2021). *Propuesta de diseño de un pavimento rígido para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la localidad de Leoncio Prado - Picota – San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]*. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1833>
- Calles con huecos causan malestar en los transportistas. (15 de Octubre de 2015). *Correo*. <https://diariocorreo.pe/peru/calles-con-huecos-causan-malestar-en-los-transportistas-625445/>
- Canchari de la Cruz, J. (21 de Octubre de 2021). *Ciclovía de Huánuco, destinada al fracaso. Página3*. <https://pagina3.pe/columna/ciclovía-de-huánuco-destinada-al-fracaso/>
- Coronado Iturbide, J. (Noviembre de 2002). *Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>

- Davila Barbaran, W. L., & Saldaña Gomez, D. A. (2022). *Análisis Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Ciudad de Pucallpa, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97840>
- Espinoza Correa, L. E. (2018). *Análisis de alternativa as en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93 [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30348>
- Estado Peruano. (2010). *Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos DS N° 010-2010*. <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619679-ce-010-pavimentos-urbanos-ds-n-010-2010>
- GeoStru. (s.f.). *Cálculo del coeficiente de balasto (Módulo de Winkler)*. GeoStru: <https://blog.geostru.eu/es/calculo-del-coeficiente-de-balasto-modulo-de-winkler/>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://doi.org/978-1-4562-6096-5>
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. PEARSON Prentice Hall. <https://doi.org/0-13-142473-4>
- Instituto nacional de estadística e informática. (s.f.). *Víctimas de accidentes de tránsito fatales, según departamento*. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/traffic-accidents/>
- Lino Inocencio, K. B. (2022). *Estado de la vía según el deterioro superficial del Malecón Daniel Alomía Robles en la ciudad de Huánuco – Perú, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3438?show=full>
- Ministerio de transporte y comunicaciones. (26 de Julio de 2023). *Ficha Técnica Estándar para Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de Carreteras Interurbanas*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/345336-ficha-técnica-estándar-para-formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-de-inversion-de-carreteras-interurbanas>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos*. <https://doi.org/2014-08985>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de diseño geométrico de carreteras (DG-2018)*.

- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (Enero de 2021). *Evaluación del impacto de las pistas y veredas*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4833154/2020%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20impacto%20de%20las%20pistas%20y%20veredas%20en%20los%20ingresos%20laborales.pdf>
- Modernizarían el malecón Daniel Alomía Robles de Hco. (26 de Febrero de 2018). *Ahora*. <https://ahora.com.pe/modernizarian-el-Malecón-daniel-Alomía-robles-de-hco/>
- Mogollón Cruz, F. F. (2022). *Diseño de pavimento rígido aplicando método AASHTO 93 para mejoramiento de transitividad en Av. Grau, 26 de Octubre, Piura – 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/116112>
- Petroski, H. (1992). *To Engineer is Human*. VINTAGE BOOKS.
<https://archive.org/details/toengineerishuma00petr/page/n5/mode/2up>
- Prudencio Acosta, J. N. (2019). *Mejoramiento de pistas y veredas en la calle la cantuta cuadras 1 y 2 de la localidad de Cayhuayna baja, distrito de Pillco Marca – Huánuco – Huánuco [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]*. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2406;jsessionid=52C71FADFEC487FF6B5959BC6A83155D>
- Quijano Pittman, A. (2002). *Manual para estudio de tráfico*. Ministerio de transportes, comunicaciones, vivienda y construcción.
https://www.academia.edu/59839368/Manual_para_estudio_de_trafico_mtc_compress
- Rondón Quitana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *Pavimento. Materiales, construcción y diseño*. Ecoe Ediciones. <https://doi.org/978-958-771-175-2>
- Salazar Rodríguez, A. (1997). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. <https://doi.org/9684640072>
- Scielo. (Agosto de 2017). *Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimentos reforzada con fibras metálicas*. www.scielo.cl/:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000200004
- SENAMHI. (s.f.). *Lluvia acumulada a nivel nacional*. www.senamhi.gob.pe:
<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=lluvia-acumulada>
- Vázquez, M., & López, E. (2001). *El método de los elementos finitos aplicado al análisis estructural*. Noela. <https://doi.org/9788488012067>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Huere Orihuela, A. (2025). *Aplicación del cálculo mecanicista para la optimización del diseño empírico de pavimentos en el malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

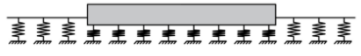

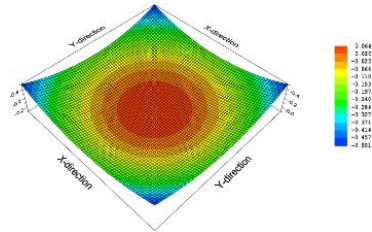
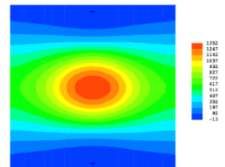
ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONCISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cómo puede el calculo mecanístico optimizar un diseño empírico de pavimento para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023?	Optimizar el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023.	La integración del cálculo mecanístico-empírico mejora la durabilidad y rendimiento de los pavimentos de pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023	Diseño empírico de pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023.	Diseño de losa de concreto para pistas y veredas.	Espesor de losa de concreto
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE		
<p>P1: ¿Qué mejoras en términos de costos de mantenimiento y desempeño se pueden obtener al aplicar un cálculo mecanístico en el diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023?</p> <p>P2: ¿Cómo se puede integrar el cálculo mecanístico en el</p>	<p>O1: Comparar los costos de mantenimiento y desempeño del diseño optimizado mediante cálculos mecanísticos con respecto al diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023.</p> <p>O2: Desarrollar un modelo de cálculo</p>	<p>H1: El diseño mecanístico-empírico reducirá los costos de mantenimiento y aumentará el desempeño de los pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2023.</p> <p>H2: La aplicación de un modelo mecanístico brindará un mejor pronóstico para el desarrollo del</p>	Los cálculos mecanísticos en el diseño de pavimentos	Optimización de losa de concreto para pistas y veredas.	<p>Tensiones de la losa de concreto</p> <p>Deflexiones de la losa de concreto.</p>

<p>diseño empírico de pavimento para veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?</p>	<p>mecánico adecuado para el diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.</p>	<p>diseño de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.</p>
<p>P3: ¿Cuáles son las limitaciones del diseño empírico de pavimento para pistas y veredas en el en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023?</p>	<p>O3: Evaluar las limitaciones del diseño empírico de pavimentos para pistas y veredas en el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.</p>	<p>H3: Conocer las limitaciones del diseño empírico permitirá considerar el cálculo mecánico para el diseño de pavimentos para pistas y veredas el Malecón Daniel Alomía Robles, Huánuco, Huánuco, 2023.</p>

ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
cm	Ecuación AASHTO 93	Tipo de investigación Aplicada	No experimental – transversal. Ecuación AASHTO
		Enfoque Cuantitativa	$\log_{10} W_{k2} = Z_R S_D + 7.35 \log_{10}(D+25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D+25.4)^{4.6}}} + (4.22 - 0.32P) k \log_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 k_f \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$
		Alcance o Nivel Explicativo	
KPa	Software ISLAB2005		Método k=presión/deformación
			Winkler
cm		Población jr. MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES en el distrito de Huánuco – Huánuco 2023.	
		Muestra la cuadra 1 hasta la cuadra 5 que comprenden a 430 metros lineales del jr. MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES en el distrito de Huánuco – Huánuco 2023.	
			Deflexiones
			
			Tensiones
			

ANEXO 2

FICHA DEL MTC PARA EL ESTUDIO DEL TRÁFICO (INSTRUMENTO)



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

FORMATO N° 1

TIPO DE LA CARRETERA												ESTACION						
DIRECCION												NOMBRE DE LA ESTACION						
UBICACION												DIA Y FECHA						
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		MICRO	BUS				OTRO TRAFICO				TRAFICO			
				PICK UP	PANEL		2 E	3 E	4 E	25-100	251	251-300	300	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH.																		
07 a 08 a.m	E																	
	S																	
08 a 09 a.m	E																	
	S																	
12 a 01 p.m	E																	
	S																	
01 a 02 p.m	E																	
	S																	
05 a 06 p.m	E																	
	S																	
06 a 07 p.m	E																	
	S																	


ENCUESTADOR

SUPERV. MTC

JEFE DE BRIGADA

IND. RESPON.

ANEXO 3 CONTEO VEHICULAR

		PERÚ		Ministerio de Transportes y Comunicaciones		FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR																							
ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - LUNES																													
ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA				1																		ESTACION				E1			
SENTIDO								E ←								S →				CODIGO DE LA ESTACION									
UBICACIÓN				MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES																		DIA Y FECHA				LUNES 8 ENERO 2024			
DIA				Lunes																									
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER											
				PICK UP	PANEL			2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3								
00-01	E	38	5	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	E	17	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	E	24	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	E	34	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	E	46	34	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	E	84	56	25	2	4	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	E	125	71	34	3	4	1	1	1	0	2	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	E	262	130	64	7	6	2	3	3	1	14	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	E	128	73	55	4	7	3	2	1	0	17	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	E	104	94	48	4	7	1	0	2	0	31	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	E	100	81	48	5	10	0	0	1	0	29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	E	104	65	68	3	7	2	0	0	0	19	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	E	144	75	45	3	9	0	2	0	0	23	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	E	152	83	47	4	12	1	2	0	1	12	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	E	129	90	58	1	7	3	0	0	0	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	E	115	78	47	3	9	1	0	0	0	21	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	E	148	110	53	2	10	1	1	0	0	14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	E	161	77	64	4	4	3	1	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	E	165	92	49	2	10	2	1	0	0	11	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	E	105	83	35	2	6	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	E	110	54	29	1	4	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	E	84	34	31	0	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	E	61	21	24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	E	46	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		2486	1418	877	53	124	25	16	9	3	221	37	3	0	2	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACION PRINCIPAL 1 - MARTES

Table with station and location information: ESTACION PRINCIPAL DE LA CARRETERA, SENTIDO, UBICACION, DIA.

Table with station and date information: ESTACION, CODIGO DE LA ESTACION, DIA Y FECHA.

Main data table with columns for vehicle types (AUTO, CAMIONETAS, RURAL, MICRO, BUS, CAMION, SEMI TRAYLER, TRAYLER) and time intervals (00-01 to 23-24).

ENCUESTADOR : JEFE DE BRIGADA : ING. RESPONSO : SUPERV. MTC :



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACION PRINCIPAL 1 - MIERCOLES

ESTACION PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1				ESTACION	E1			
SENTIDO	E ←			S →	CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACION	MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES				DIA Y FECHA	MIERCOLES	10	ENERO	2024
DIA	Miércoles								

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
				PICK UP	PANEL			2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E	37	5	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	16	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E	23	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E	33	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E	45	33	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E	81	54	24	1	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E	121	69	33	2	3	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-08	E	254	126	62	5	4	1	1	2	0	6	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
08-09	E	124	71	53	3	5	2	0	1	0	7	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
09-10	E	101	91	47	3	5	1	0	2	0	12	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
10-11	E	97	79	47	4	7	0	0	1	0	12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	E	101	63	66	2	5	1	0	0	0	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12-13	E	140	73	44	2	6	0	1	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13-14	E	147	81	46	3	8	1	0	0	1	5	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
14-15	E	125	87	56	1	5	2	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	E	112	76	46	2	6	1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16-17	E	144	107	51	1	7	1	1	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18	E	156	75	62	3	3	2	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	E	160	89	48	1	7	1	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	E	102	81	34	1	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20-21	E	107	52	28	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	81	33	30	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E	59	20	23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	45	9	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		2411	1377	852	38	87	18	9	8	88	14	2	2	1	3	7	1	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____ JEFE DE BRIGADA : _____ ING.RESPONS: _____ SUPERV.MTC : _____



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - JUEVES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1
SENTIDO	E ← S →
UBICACIÓN	MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES
DIA	Jueves

ESTACION	E1		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	JUEVES	11	ENERO 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER																
				PICK UP	PANEL				2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3														
00-01	E	36	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	16	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	E	23	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	E	32	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	E	43	32	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	E	79	53	24	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	E	118	67	32	3	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	E	246	122	60	7	4	1	2	2	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	E	120	69	52	4	4	2	1	1	1	5	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-10	E	98	88	45	4	4	1	0	1	0	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11	E	94	76	45	5	6	0	0	1	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	E	98	61	64	3	4	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	E	135	71	42	3	5	0	1	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14	E	143	78	44	4	7	1	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	E	121	85	55	1	4	2	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	E	108	73	44	3	5	1	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17	E	139	103	50	2	6	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18	E	151	72	60	4	2	2	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	E	155	86	46	2	6	1	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	E	99	78	33	2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	E	103	51	27	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	79	32	29	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E	57	20	23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	43	8	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		2336	1333	825	49	72	18	12	7	3	66	13	3	0	2	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACIÓN PRINCIPAL 1 - VIERNES

ESTACIÓN PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1		
SENTIDO	E		S
UBICACIÓN	MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES		
DIA	Viernes		

ESTACION	E1		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	VIERNES	12	ENERO 2024

HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER						
				PICK UP	PANEL			2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E	39	5	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	18	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E	25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E	35	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E	47	35	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E	87	58	26	2	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
06-07	E	129	73	35	3	5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
07-08	E	270	134	66	8	7	2	1	1	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-09	E	132	75	57	5	8	3	2	1	2	11	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
09-10	E	107	97	49	5	8	1	2	1	0	20	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
10-11	E	103	83	49	6	12	1	1	1	0	19	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
11-12	E	107	67	70	3	8	3	1	0	1	12	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
12-13	E	148	77	46	3	10	1	1	0	0	15	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
13-14	E	157	85	48	5	14	2	1	0	1	8	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
14-15	E	133	93	60	1	8	3	1	0	0	10	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15-16	E	118	80	48	3	10	2	0	1	0	14	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
16-17	E	152	113	55	2	12	1	1	0	0	9	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
17-18	E	166	79	66	5	5	3	2	1	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	E	170	95	50	2	12	2	2	1	0	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19-20	E	108	85	36	2	7	3	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20-21	E	113	56	30	1	5	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	87	35	32	0	6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E	63	22	25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	47	9	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		2561	1459	902	59	145	30	22	9	5	144	24	2	0	3	2	17	0	1	0	0	0	0

ENCUESTADOR :

JEFE DE BRIGADA :

ING. RESPONS. :

SUPERV. MTC :



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACION PRINCIPAL 1 - SABADO

ESTACION PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1
SENTIDO	E ← S →
UBICACION	MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES
DIA	Sábado

ESTACION	E1		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	SABADO	13	ENERO 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
				PICK UP	PANEL			2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E	32	4	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	14	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E	20	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E	29	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E	39	29	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E	71	48	21	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
06-07	E	106	60	29	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
07-08	E	223	111	54	6	5	2	2	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-09	E	109	62	47	3	6	2	2	1	0	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
09-10	E	88	80	41	3	6	1	0	2	0	6	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
10-11	E	85	69	41	4	9	0	0	1	0	6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
11-12	E	88	55	58	3	6	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12-13	E	122	64	38	3	8	0	2	0	0	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
13-14	E	129	71	40	3	10	1	2	0	1	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0
14-15	E	110	77	49	1	6	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	E	98	66	40	3	8	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
16-17	E	126	94	45	2	9	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17-18	E	137	65	54	3	3	2	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	E	140	78	42	2	9	2	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19-20	E	89	71	30	2	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
20-21	E	94	46	25	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	71	29	26	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E	52	18	20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	39	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		2111	1208	745	47	106	21	15	8	3	43	6	3	0	3	2	12	1	2	0	0

ENCUESTADOR :

JEFE DE BRIGADA :

ING.RESPONS:

SUPERV.MTC :



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO - ESTACION PRINCIPAL 1 - DOMINGO

ESTACION PRINCIPAL DE LA CARRETERA	1
SENTIDO	E ← S →
UBICACION	MALECON DANIEL ALOMIA ROBLES
DIA	Domingo

ESTACION	E1		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	DOMINGO	14	ENERO 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER					
				PICK UP	PANEL			2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
00-01	E	30	4	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	14	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E	19	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E	27	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E	37	27	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E	67	45	20	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
06-07	E	100	57	27	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
07-08	E	210	104	51	6	5	1	0	2	1	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
08-09	E	102	58	44	3	6	2	0	1	0	3	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1
09-10	E	83	75	38	3	6	1	0	1	0	5	0	3	0	0	1	1	0	0	0	1	0
10-11	E	80	65	38	4	8	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	E	83	52	54	2	6	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12-13	E	115	60	36	2	7	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13-14	E	122	66	38	3	10	1	1	0	1	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
14-15	E	103	72	46	1	6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	E	92	62	38	2	7	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
16-17	E	118	88	42	2	8	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17-18	E	129	62	51	3	3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	E	132	74	39	2	8	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
19-20	E	84	66	28	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
20-21	E	88	43	23	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	67	27	25	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E	49	17	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	37	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		1988	1134	700	43	101	18	5	7	3	32	3	7	0	3	2	11	1	0	1	1	1

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ANEXO 4
PANEL FOTOGRÁFICO (LEVANTAMIENTO VISUAL DE
FALLAS)



Empozamiento de aguas en el pavimento



Veredas colapsadas



Berma colapsada



Falla en el borde del pavimento



Vereda colapsada



Zona de riesgo peatonal



Falta de drenaje en el pavimento



Vereda intransitable para discapacitados



Falla del pavimento en las juntas



Mala práctica de mantenimiento de pavimento



Pavimento colapsado



Concreto deficiente



Medición del ancho de la vía



Medición del largo de una losa de concreto



Ubicación del inicio de la losa



Ubicación final de la losa de 10 metros de distancia entre juntas transversales



Falla de la vereda debido a la raíz del árbol



(Instrumento) Hojas utilizadas en el conteo vehicular



Estación E-1 para el conteo vehicular



Fallo de ambas calzadas en la vía

ANEXO 5
ESTUDIO DE SUELOS

Erasmus A. Fernández Sixto

M. SC. ING° CIVIL DIP. N°36059

JR. 2 DE MAYO N° 1265-6, HUÁNUCO

**ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE
PAVIMENTACION**

**MEJORAMIENTO Y MODERNIZACION DEL
MALECON ALOMIA ROBLES, TRAMO PUENTE
SAN SEBASTIAN - PUENTE SR. DE BURGOS
DEL DISTRITO DE HUANUCO, PROVINCIA DE
HUANUCO - HUANUCO**



MARZO - 2017

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El terreno de la intervención del presente proyecto se ubica en el margen izquierdo del río Huallaga, en el cercado de la ciudad de Huánuco. Abarca el Malecón Alomía Robles, desde la llegada del Jr. La Libertad al puente San Sebastian hasta la llegada del Jr. Crespo y Castillo en el puente Sr. de Burgos, con una longitud aproximada de 0.9 Km.
2. La sección transversal típica de la vía a intervenir se muestra en la Figura 02.

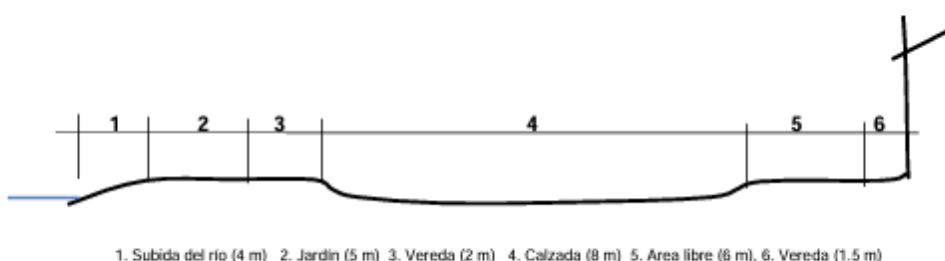


Figura 02. Sección transversal típica del área a pavimentar

3. La calzada actual tiene pavimento de concreto hidráulico en toda su longitud, que fue construido en diferentes épocas y gestiones, con más de 10 años en su mayoría y otros incluso superando los 30 años. Presentan grietas longitudinales, grietas transversales, grietas de contracción, quiebre de juntas, escalonamientos, hundimientos, asentamientos, desprendimientos, quiebres de bordes, levantamientos, etc.
Las fallas afectan estructuralmente en un 70% al pavimento, mientras que al índice de serviciabilidad presente (PSI) lo reducen a valores menores de dos (2) lo que significa mala capacidad de servicio.
4. El tipo de pavimento a construir es de concreto hidráulico simple, de 210 Kg/cm² de resistencia a la compresión, con juntas de contracción, de dilatación, longitudinales, transversales.

5. El área del proyecto tiene 10,000 m² aproximadamente y el tipo de vía es arterial por ser un malecón, entonces corresponde ejecutar 4 puntos de exploración, sin embargo se desarrolló los sondajes en cinco (5) puntos. Teniendo datos de las calicatas C-1 al C-10 de la defensa ribereña, los nuevos se denominaron C-11 al C-15 y se ubicaron así: C-11 al lado de C-1, C-12 con C-3, C-13 y C-5, C-14 con C-7, C-15 y C-9. Las calicatas de los muros de contención tienen una profundidad mayor a 5.00 m, mientras que las nuevas calicatas, tienen profundidades entre 1.50 y 1.60 m como lo establece la Norma CE.010.
6. Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la sub rasante se resumen en el Cuadro 16. El CBR de diseño será 8.92% que se considera regular.

Cuadro 16. Valores de resistencia y compactación de la sub rasante

Calicata	Clasificación AASHTO	Humedad óptima (%)	Máxima densidad seca del próctor modificado (Ton/m ³)	CBR al 95% de la máxima seca (%)	Calificación según Norma CE.010
C-11	A-1-a (0) + Bo	6.08	2.221	54.02	Excelente
C-12	A-4 (3) +Bo	10.43	1.949	8.92	Regular
C-13	A-2-4 (0) +Bo	8.91	2.018	12.97	Buena
C-14	A-4 (1) +Bo	9.93	1.872	9.52	Regular
C-15	A-4 (0) +Bo	8.61	2.142	24.88	Muy Buena

7. Para fines de excavación, el sub suelo se califica como SUELO SUELTO, CON HUMEDAD MODERADA, CON PRESENCIA DE BOLEOS Y BLOQUES. Recomendándose entibar las zanjas para evitar derrumbes laterales, debido a su poca capacidad de densificación.
8. El suelo de la sub rasante NO ES AGRESIVO al concreto y al acero.
9. La cantera para material de sub base es la ubicada en Pichipampa, que cumple con las condiciones de resistencia, gradación y plasticidad. Para mejorar su comportamiento se recomienda reemplazar las gravas mayores de ½" con piedra chancada.

10. La cantera de agregados para concreto es la ubicada en Andabamba, cuyas características y diseños de mezclas se encuentran en el Estudio Geotécnico de los muros de contención del mismo Malecón.



.....
Dr. Erasmo Alejandro Fernández Sixto