

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-
SAN MARCOS; TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA)-
LLACANORA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER

ASESOR:

Mg. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN

CAJAMARCA – PERÚ

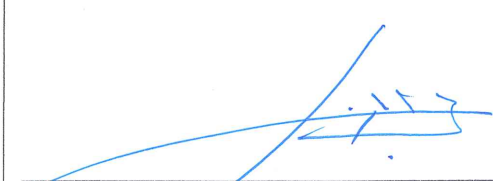
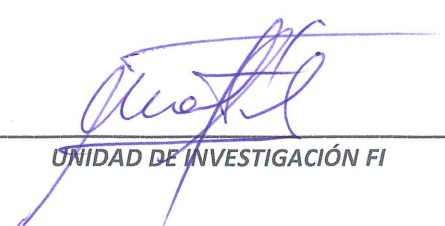
2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

- Investigador:** JOSUÉ DILMER BUSTAMANTE COLUNCHE
DNI: 71399538
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** M. en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR
Facultad: INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
"DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA)-LLACANORA"
- Fecha de evaluación:** 26/06/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 6%
- Código Documento:** oid:3117:363141493
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 28/06/2024

 _____ FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR DNI: 26678955	 _____ UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---	--

COPYRIGHT @ 2024by
JOSUÉ DILMER BUSTAMANTE COLUNCHE
Todos los derechos reservados.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría, al M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, mi estimado asesor de tesis. Su experiencia y sabiduría fue fundamental para dar forma a este trabajo y superar los desafíos que surgieron en el camino. Sus consejos expertos y su apoyo incondicional fueron una luz guía que me impulsó a alcanzar este logro. Gracias por su compromiso y por creer en mí. Este trabajo lleva parte de su sabiduría y esfuerzo. ¡Gracias!

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Cesar y Fracsila quienes con su amor, sacrificio y constante apoyo han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de este camino académico. A mis hermanos: Hernán, Kely y Maritza, por su aliento y complicidad en cada etapa de este viaje. A mis queridos tíos, Adriano, Delmira, Manuel y Oscar cuyo apoyo y estímulo han sido fundamentales en mi formación. A mi querida abuela Ercilia, aunque ya no estés físicamente con nosotros, quiero dedicar este trabajo a tu memoria y expresar mi eterno agradecimiento por todo lo que hiciste por mí. Tu amor incondicional, tus palabras de aliento y tu sabiduría han dejado una huella imborrable en mi vida.

A mi adorado tío Gonzalo quiero expresar mi más profundo agradecimiento por tu apoyo incondicional a lo largo de este arduo pero gratificante camino académico. Tu generosidad económica hizo posible que pudiera centrarme en mis estudios sin preocupaciones financieras, y tu constante ánimo y consejos morales fueron un faro de luz en los momentos más difíciles. Tu apoyo ha sido un pilar fundamental en mi vida, y este logro también te pertenece. Gracias por creer en mí y por estar siempre presente. Tu legado de generosidad y sabiduría me inspira a seguir adelante con determinación. ¡Gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.1. Contextualización	3
1.1.2. Descripción del problema	4
1.2. Formulación del problema	6
1.3. Hipótesis	6
1.4. Justificación de la investigación	6
1.5. Alcances y delimitación de la investigación	6
1.6. Objetivos	7
1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos específicos	7
1.7. Variables	7
1.8. Descripción de contenidos	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.1.3. Antecedentes locales.....	12
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Pavimento	12
2.2.2. Tipos de pavimento.....	13
2.2.3. Estructura del pavimento	13
2.2.4. Pavimento flexible	14
2.2.5. Esfuerzos producidos en la estructura del pavimento flexible	14
2.2.6. Definición de subrasante.....	15

2.2.7. Solicitaciones principales de un pavimento.....	16
2.2.8. Comportamiento estructural del pavimento.....	17
2.2.9. Evaluación del pavimento.....	18
2.2.10. Evaluación estructural no destructiva.....	20
2.2.11. Deflexiones.....	20
2.2.12. Cargas estáticas para medir deflexiones.....	22
2.2.13. Ensayo de Viga Benkelman.....	23
2.2.14. Metodología empírica CONREVIAl.....	28
2.2.15. Determinación de la deflexión máxima y el tipo de curvatura.....	29
2.2.16. Criterios de evaluación estructural del pavimento.....	33
2.2.17. Ciclo de vida del pavimento.....	34
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Ubicación geográfica.....	37
3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	40
3.2.1. Diseño de investigación.....	41
3.3. Métodos de investigación.....	41
3.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación.....	42
3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	42
3.6. Equipos.....	44
3.7. Materiales.....	44
3.8. Procedimiento.....	45
3.8.1. Levantamiento topográfico.....	45
3.8.2. Estudio de tránsito vehicular.....	46
3.8.3. Ensayo de Viga Benkelman.....	46
3.8.4. Determinación de la deflexión.....	47
3.9. Técnicas e instrumentos de procedimiento.....	49
3.10. Análisis e interpretación de datos.....	49
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
4.1. Presentación de resultados.....	50

4.1.1. Levantamiento topográfico	50
4.1.2. Tránsito vehicular en la vía de estudio	53
4.1.3. Deflexiones debido a las cargas actuantes del tráfico.....	56
4.1.4. Estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo del pavimento flexible..	73
4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	74
4.3. Contrastación de hipótesis.....	79
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1. Conclusiones	82
5.2. Recomendaciones	83
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
CAPÍTULO VII. ANEXOS Y/O APÉNDICES	90
7.1. Anexos	90
Anexo A. Diagramas del pavimento flexible	90
Anexo B. Certificado de calibración	91
7.2. Apéndice.....	94
Apéndice A. Matriz de consistencia	94
Apéndice B. Panel fotográfico.....	96
Apéndice C Descripción de fallas superficiales	101
Apéndice D Instrumento para el conteo vehicular	104
Apéndice E Resultado de estudio de tráfico vehicular	105
Apéndice F. Resultado de ensayos de deflectometría	133
Apéndice G. Planos	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de tránsito en EE	17
Tabla 2: Distancias para ensayos.....	25
Tabla 3: Factores de corrección por el contexto ambiental.....	30
Tabla 4: Valores de “t” y posibilidad de D>Dc.....	31
Tabla 5: Criterios para la evaluación estructural de pavimentos.....	34
Tabla 6: Coordenadas geográficas de la vía en estudio.....	37
Tabla 7: Coordenadas UTM de la vía en estudio	37
Tabla 8: Progresivas y coordenadas de inicio y fin del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	50
Tabla 9: Datos topográficos: BMS del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	50
Tabla 10: Cruce con centros poblados en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	51
Tabla 11: Características geométricas del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	51
Tabla 12: Elementos de curva del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	52
Tabla 13: Distribución del tráfico vehicular, IMDA y número de repeticiones EE en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos	53
Tabla 14: Deflexiones y radio de curvatura del lado izquierdo del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	56
Tabla 15: Deflexiones y radio de curvatura del lado derecho del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	58
Tabla 16: Parámetros respecto a la deflexión máxima, Do (x10 ²) mm del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	64
Tabla 17: Número de unidades de muestreo de acuerdo al estado de la subrasante, pavimento y calidad estructural del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	64
Tabla 18: Condición de la subrasante, pavimento y calidad estructural del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos	66
Tabla 19: Estrategias de mantenimiento preventivo del pavimento flexible	73

Tabla 20: Estrategias de mantenimiento correctivo del pavimento flexible	74
Tabla 21: Prueba de hipótesis t-student.....	81
Tabla 22: Matriz de consistencia	94
Tabla 23: <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	95
Tabla 24: Conteo Vehicular del día lunes 15/01/2024	106
Tabla 25: Conteo Vehicular del día martes 16/01/2024	108
Tabla 26: Conteo Vehicular del día miércoles 17/01/2024	110
Tabla 27: Conteo Vehicular del día jueves 18/01/2024	112
Tabla 28: Conteo Vehicular del día viernes 19/01/2024	114
Tabla 29: Conteo Vehicular del día sábado 20/01/2024.....	116
Tabla 30: Conteo Vehicular del día domingo 21/01/2024	118
Tabla 31: Resumen del conteo vehicular.....	120
Tabla 32: Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)	121
Tabla 33: Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)	124
Tabla 34: Tasa de crecimiento de vehículos ligeros y vehículos pesados.....	127
Tabla 35: Resumen de conteo vehicular durante una semana en la estación 01 ubicada en la plaza pecuaria	128
Tabla 36: Resumen conteo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo	129
Tabla 37: Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA)	130
Tabla 38: Demanda Actual (IMDA).....	131
Tabla 39: Cálculo de ESAL en la carretera de estudio.....	131
Tabla 40: Evaluación estructural del pavimento lado izquierdo de la carretera Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) - Llacanora.....	134
Tabla 41: Evaluación estructural del pavimento lado derecho de la carretera Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) - Llacanora.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esfuerzos producidos en la estructura del pavimento	15
Figura 2: Caracterización del cuenco de deflexiones	21
Figura 3: Características del pavimento flexible según deflexión.....	22
Figura 4: Partes de la viga Benkelman	25
Figura 5: Ubicación y alineamiento para el ensayo viga Benkelman	26
Figura 6: Posiciones de la prueba de viga Benkelman	28
Figura 7: Curva de deflexiones.....	32
Figura 8: Esquema de deterioro de un pavimento	36
Figura 9: Mapa de ubicación geográfica del Perú	38
Figura 10: Mapa de ubicación geográfica de la región de Cajamarca.....	38
Figura 11: Mapa de ubicación geográfica de la provincia de Cajamarca.....	39
Figura 12: Mapa de ubicación geográfica del distrito de Llacanora	39
Figura 13: Mapa de ubicación geográfica de la vía en estudio	40
Figura 14: Ficha de registro de datos topográficos.....	42
Figura 15: Ficha de ensayos de deflectometría	43
Figura 16: Composición del tráfico vehicular de acuerdo al tipo de vehículo en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos	54
Figura 17: Clasificación vehicular en el tramo Iscoconga– Llacanora	54
Figura 18: Número de vehículos diarios en el tramo Iscoconga – Llacanora	54
Figura 19: IMDA en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	55
Figura 20: ESSALS en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	55
Figura 21: Deflexiones del lado izquierdo del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	60
Figura 22: Deflexiones del lado derecho del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	61
Figura 23: Radio de curvatura del lado izquierdo del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	62
Figura 24: Radio de curvatura del lado derecho del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	63

Figura 25: Comportamiento de la subrasante del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	65
Figura 26: Comportamiento del pavimento del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	65
Figura 27: Calidad estructural del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	66
Figura 28: Deflexión máximo del pavimento asfáltico del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	71
Figura 29: Radio de curvatura del pavimento asfáltico del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos.....	72
Figura 30: Tipos de pavimento.....	90
Figura 31: Pavimento flexible	90
Figura 32: Fisuración por Fatiga	101
Figura 33: Fisuración por reflexión	102
Figura 34: Desprendimiento del sello de la superficie	102
Figura 35: Pérdida de textura superficial.....	103
Figura 36: Ficha de conteo vehicular	104

LISTA DE SIGLAS Y SÍMBOLOS

SIGLAS

AASHTO	“American Association of State Highway”
ASTM	“American Society for Testing and Materials”
CONREVIAL	“Consortio de rehabilitación vial”
EALS	“Equivalent single axle loads”
FWD	“Falling Weight Deflectometer”
MTC	“Ministerio de Transportes y Comunicaciones”
NDT	“Non-Destructive Test”
UTM	“Universal Transverse Mercatos”
WGS	“World Geodectic System”

SÍMBOLOS

Dadm	Deflexión admisible
Do	Deflexión máxima
Dc	Deflexión característica
Dcr	Deflexión crítica
Dp	Deflexión promedio
Dt	Deflexión medida a temperatura del pavimento
Dv	Desviación estándar
Fc	Factor de crecimiento
CV	Coefficiente de variación
E	Módulo de elasticidad
Rc	Radio de curvatura

RESUMEN

La carretera Cajamarca-San Marcos, específicamente el tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) - Llacanora, ha sido identificada con deterioro en la capa de rodadura de su pavimento flexible, por lo que se requiere estudiar el comportamiento estructural de dicho pavimento. El objetivo de la tesis fue determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora por deflectometría en el año 2024. La muestra fue el tramo de Km 3+640.67 m de la carretera asfaltada de 6.6 m de calzada, con coordenadas de inicio (781356.00 m E, 9203006.00 m S) y fin del tramo (784395.00 m E, 9203857.00 m S) utilizando la metodología CONREVIAl. En la vía, los resultados revelaron que el tráfico en este tramo se clasifica como TP9, con un volumen significativo de 2517 vehículos por día. La deflexión promedio medida fue de 65.68×10^{-2} mm, lo que llevó a clasificar la condición de la subrasante como deficiente. Por eso, en términos generales, se identificó que el 53.79% del pavimento tiene buen comportamiento estructural y el 43.45% tiene mal comportamiento estructural, señalando tramos críticos específicos que necesitan intervención inminente, ubicados entre los puntos Km 0+225 m a km 0+350 m, km 0+950 m a km 1+075 m, km 1+725 m a km 1+775 m, km 2+275 m a km 2+375 m, y de km 3+475 m a km 3+600 m. Siendo así, se debe realizar acciones correctivas, como sellado de grietas, drenaje eficiente, refuerzo de capa de rodadura, control de vegetación y monitoreo regular para asegurar la integridad estructural de la carretera.

Palabras clave: Viga Benkelman, deflectometría, deflexión admisible.

ABSTRACT

The Cajamarca-San Marcos highway, specifically the Iscoconga (Plaza Pecuaria) - Llacanora section, has been identified with deterioration in the wearing course of its flexible pavement, so it is necessary to study the structural behavior of this pavement. The objective of the thesis was to determine the structural behavior of the flexible pavement of the Cajamarca-San Marcos highway; Iscoconga (Plaza Pecuaria)- Llacanora section by deflectometry in the year 2024. The sample was the section of Km 3+640.67 m of the asphalt road of 6.6 m of roadway, with coordinates of the beginning (781356.00 m E, 9203006.00 m S) and end of the section (784395.00 m E, 9203857.00 m S) using the CONREVIAl methodology. On the roadway, the results revealed that the traffic on this section is classified as TP9, with a significant volume of 2517 vehicles per day. The average deflection measured was 65.68×10^{-2} mm, which led to classify the subgrade condition as poor. Therefore, in general terms, it was identified that 53.79% of the pavement has good structural performance and 43.45% has poor structural performance, indicating specific critical sections that need imminent intervention, located between points Km 0+225 m to km 0+350 m, km 0+950 m to km 1+075 m, km 1+725 m to km 1+775 m, km 2+275 m to km 2+375 m, and from km 3+475 m to km 3+600 m. Corrective actions such as crack sealing, efficient drainage, reinforcement of the wearing course, vegetation control and regular monitoring must be carried out to ensure the structural integrity of the road.

Key words: Benkelman beam, deflectometry, allowable deflection.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la mejora y conservación de las carreteras es una prioridad, considerando que el transporte terrestre es el principal medio de comunicación en el país. Por tanto, es fundamental realizar estudios para evaluar la resistencia y durabilidad de los pavimentos flexibles, para prevenir el deterioro prematuro.

En la ingeniería de pavimentos, el estudio del comportamiento estructural de los pavimentos flexibles es un tema de interés, debido a la importancia de mantener la infraestructura vial en buenas condiciones para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios.

El tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) - Llacanora de la carretera Cajamarca-San Marcos es una ruta fundamental para la región de Cajamarca, ya que conecta dos importantes localidades y facilita el transporte de mercancías y personas entre ellas. Por lo tanto, es esencial asegurar que el pavimento flexible de esta carretera cumpla con los estándares de calidad y resistencia necesarios para soportar el tráfico diario de vehículos.

Durante el análisis de deflectometría realizado en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) - Llacanora de la carretera Cajamarca-San Marcos en el año 2024, se han identificado áreas con deficiencias estructurales en el pavimento, tales como fisuración por fatiga, fisuración por reflexión, desprendimiento del sello de la superficie, piel de cocodrilo, baches, rotura de bordes y pérdida de textura superficial. Esta información servirá para que los ingenieros y las autoridades viales puedan tomar decisiones fundamentadas respecto a la necesidad de reparaciones, refuerzos o reconstrucciones en sectores específicos de la carretera. En consecuencia, la tesis ha sido organizada en cinco capítulos interrelacionados.

En el Capítulo I, titulado “Introducción”, se aborda la problemática del pavimento flexible en la carretera mencionada, se formula el problema de investigación, se plantean las hipótesis, se justifica la importancia del estudio, se delimita el tema, se identifican las limitaciones y se establecen los objetivos del trabajo.

El Capítulo II, denominado “Marco Teórico”, se dedica a presentar los antecedentes relevantes, las bases teóricas que sustentan el estudio y se definen los términos básicos necesarios para la comprensión del trabajo.

En el Capítulo III, “Materiales y Métodos”, se describe la ubicación geográfica del tramo de carretera estudiado, se detallan los materiales necesarios para la investigación, se mencionan los instrumentos de medición y software utilizados, se explica la metodología empleada, se describe el diseño del estudio, se especifica el procedimiento seguido y se detalla el tratamiento y análisis de datos.

El Capítulo IV, “Análisis y Discusión de Resultados”, se centra en el análisis de los datos obtenidos durante la investigación y en la discusión de estos resultados en relación con las hipótesis planteadas.

En el Capítulo V, “Conclusiones y Recomendaciones”, se presentan las conclusiones derivadas del estudio realizado y se proponen recomendaciones para investigaciones futuras en este campo específico.

Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas usadas y los anexos que complementan la información presentada en la tesis.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Los pavimentos flexibles están sujetos a esfuerzos de carga y deformaciones resultantes que dependen de las condiciones ambientales existentes (Roldán-Oliden & Calvo-Jurado, 2022). Los deterioros en forma de surcos y grietas se producen en los pavimentos debido a la acumulación progresiva de daños causados por las tensiones/deformaciones repetidas inducidas por el tráfico, por ello, para el diseño preciso de pavimentos, es necesario conocer la deformación in situ para calibrar los modelos obtenidos en laboratorio (Karimi & Mallick, 2023).

La evaluación estructural de los pavimentos es cada vez más importante, ya que los ingenieros de carreteras utilizan los resultados para verificar si se requiere mantenimiento, asignar los gastos y diseñar y programar las actividades de mantenimiento y rehabilitación (Adigopula et al., 2022). Los ingenieros de pavimentos han utilizado durante años el deflectómetro de peso en caída o también conocido como viga Benkelman para evaluar la integridad estructural de los pavimentos (Vankar et al., 2022). La viga Benkelman es un dispositivo que aplica una carga de impulso transitoria a la superficie del pavimento y mide la forma de la deflexión del pavimento utilizando una serie de geófonos espaciados a diferentes distancias radiales. Este método proporciona una caracterización más precisa del estado de la estructura de las capas del pavimento (Lira, 2023).

La carretera Cajamarca-San Marcos, tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) hasta Llacanora, constituye una arteria vital para la comunicación y el desarrollo económico de la región de Cajamarca, Perú. Esta vía no solo facilita el tránsito vehicular entre estas dos importantes localidades, sino que también sirve como

enlace para las actividades agrícolas, comerciales y turísticas de la zona. Sin embargo, recientes observaciones y estudios preliminares (Quito, 2019) han revelado que el pavimento flexible de este tramo carretero presenta signos evidentes de deterioro estructural, lo que suscita preocupaciones acerca de su seguridad, funcionalidad y durabilidad.

Este deterioro se manifiesta a través de diversas fallas superficiales y estructurales, como fisuración por fatiga, desprendimiento del sello superficial, deformaciones plásticas y pérdida de textura superficial, que comprometen la integridad del pavimento y, por ende, la seguridad de los usuarios. Además, estas deficiencias estructurales pueden acarrear costos significativos en términos de mantenimiento y reparaciones para las autoridades locales y regionales, así como afectar negativamente el flujo continuo de bienes y servicios en esta región.

Ante este panorama, es imperante efectuar una evaluación exhaustiva del comportamiento estructural del pavimento flexible del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)-Llacanora, con el fin de determinar las causas raíz del deterioro observado y, en consecuencia, las autoridades competentes puedan proponer soluciones efectivas que garanticen el mantenimiento de esta infraestructura crítica. La investigación se ha centrado en analizar el comportamiento estructural por medio del ensayo de deflectometría del pavimento flexible, pero además permite comprender el impacto del tráfico vehicular en su conservación.

1.1.2. Descripción del problema

Con el paso del tiempo la vasta red de carreteras del país envejece, y los organismos de transportes y carreteras deben asumir una mayor responsabilidad en la gestión de vías existentes (Taylor et al., 2023). Sin embargo, en el Perú, la práctica actual para determinar el calendario de rehabilitación vial se basa en la

experiencia y el juicio subjetivo (Areche et al., 2023); por lo que, se requieren estudios de los pavimentos para establecer las condiciones en las que las medidas de revestimiento serán más apropiadas y rentables para prolongar su vida útil, así como, para plantear un plan de mantenimiento (Mohamed et al., 2022). Frente a ello, el estudio de deflectometría con viga Benkelman puede suplir dichas necesidades y brindar información fehaciente del estado de vial (Jain et al., 2023).

En Cajamarca, el pavimento asfáltico presenta diversas fallas, como fisuración, piel de cocodrilo, baches, rotura de bordes y desprendimiento del sello. Estas fallas generan malestar entre conductores y peatones, por ello, es necesario realizar una evaluación estructural a través de un análisis deflectométrico para determinar las condiciones de la vía y prolongar su serviciabilidad (Quito, 2019).

El análisis deflectométrico permite obtener datos de deflexión que, mediante un modelo matemático, ayudan a evaluar la capacidad del pavimento (Quito, 2019). En el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, se observan baches, piel de cocodrilo y fisuración, lo que hace necesaria una evaluación estructural. Este diagnóstico, basado en la deflectometría, proporcionará una visión clara del estado actual de la carretera, facilitando decisiones sobre intervenciones necesarias.

El análisis del pavimento flexible en el tramo Iscoconga – Llacanora evaluará su estado estructural según los parámetros de CONREVIAl. La clasificación del pavimento como bueno, malo o regular depende de la deflexión máxima (D_0) y el radio de curvatura (R_c). Un R_c superior a 100 indica buen comportamiento de la capa superior, pero la deflexión máxima también debe ser inferior a la admisible para que el pavimento sea considerado en buen estado.

En este contexto, esta investigación aborda el deterioro del pavimento flexible en el tramo mencionado, con el objetivo de entender su comportamiento estructural a través de la interpretación de la deflexión en la superficie del pavimento. Los resultados pueden ser utilizados por las autoridades para implementar planes de gestión vial.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca - San Marcos, Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora?

1.3. Hipótesis

El pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora presenta actualmente un mal comportamiento estructural.

1.4. Justificación de la investigación

La tesis se ha realizado para evaluar el comportamiento de un pavimento flexible en un tramo específico de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora. Esta investigación responde a la necesidad de analizar el estado actual del pavimento, identificar posibles deficiencias y establecer si cumple con los estándares de calidad y seguridad requeridos para garantizar la adecuada circulación vehicular.

1.5. Alcances y delimitación de la investigación

Se ha enfocado en analizar el pavimento flexible del tramo que abarca 3.64 km entre Iscocongá (Plaza Pecuaria) y Llacanora, en la carretera Cajamarca – San Marcos. Durante los primeros dos meses del año 2024.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)- Llacanora, mediante el análisis deflectométrico.

1.6.2. Objetivos específicos

- Describir las características físicas y geográficas del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) - Llacanora de la carretera Cajamarca-San Marcos.
- Calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) mediante el análisis de los volúmenes de tráfico en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora.
- Medir y analizar las deflexiones del pavimento flexible en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora.
- Describir las estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo del pavimento flexible en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora.

1.7. Variables

- ✓ **Variable independiente:** Deflexiones del pavimento
- ✓ **Variable dependiente:** Comportamiento Estructural del pavimento

1.8. Descripción de contenidos

Esta investigación se ha estructurado en los siguientes capítulos:

- Capítulo I: Introducción. En este capítulo se aborda la problemática, la formulación del problema, las hipótesis de investigación, la justificación, la delimitación del tema, las limitaciones y, finalmente, los objetivos.
- Capítulo II: Marco teórico. Se presentan los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos básicos que fundamentan teóricamente el estudio.

- Capítulo III: Materiales y métodos. Se describe la ubicación geográfica, los materiales necesarios para la investigación, los instrumentos de medición y los softwares para el procesamiento de datos. Este capítulo también incluye la metodología, el diseño del estudio, el procedimiento, y concluye con el tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.
- Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados. En este capítulo se analizan y discuten los resultados obtenidos, contrastando con las hipótesis de la investigación.
- Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones. Se presentan las conclusiones del estudio y se proponen recomendaciones para futuras investigaciones sobre el tema.
- Referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sanjay et al. (2022) tuvo como objetivo analizar el uso del deflector de haz de Benkelman (BBD) con el deflector de caída de peso (FDW) en la carretera Bangalore, Karnataka - India desde K 34+006 a 39+003. Utilizaron el IRC determinando que, la correlación entre ambos métodos era 0.8994, pero FDW sirve como uno de los métodos más confiables para la evaluación estructural de pavimentos y este método demuestra ser rentable al reducir el espesor de superposición deseado.

Adigopula et al. (2022) en su estudio “Comparación del diseño de superposición entre deflexión del haz de Benkelman y el deflectómetro ligero: un estudio de caso en la India” tuvieron como objetivo determinar el comportamiento de las deflexiones del pavimento en las carreteras de bajo volumen de tránsito utilizando dos métodos el de Benkelman Beam Deflection (BBD) y Deflectómetro Ligero (LWD). Los resultados obtenidos del software KENPAVE, nos arroja que el espesor de superposición varía de 27.00mm a 184.39mm por LWD Y BBD, y la correlación de deflexión fue de $R^2:0.741$, y para espesor de recubrimiento de diseño fue $R^2:0.741$. concluyendo que, el (LWD) servirá como remplazo de (BBD) tradicional en las vías.

Carrasco & Vizhñay (2019) tuvo como objetivo efectuar un plan de evaluación estructural del pavimento flexible. Realizaron un total de 30 puntos de ensayo en una distancia de 1.1 km, utilizando la viga Benkelman, y analizando las deflexiones con la metodología del Instituto de Asfalto y la AASHTO,

concluyendo que en la Avenida 16 de abril requiere un refuerzo estructural, tanto en la calzada derecha e izquierda con espesores de 1 pulgada y 3 pulgadas respectivamente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Melchor (2023) realizó su investigación con el objetivo de determinar la respuesta estructural del pavimento. Adoptando un enfoque de tipo aplicado, se centró en el tramo comprendido entre las avenidas Leoncio Prado y Próceres, seleccionado mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los hallazgos demostraron que las deflexiones características observadas (91.05×10^{-2} mm y 62.60×10^{-2} mm) en los carriles eran inferiores a las máximas admisibles (95.37×10^{-2} mm), y los radios de curvatura obtenidos (283.41-395.51 m) superaban el mínimo requerido, sugiriendo que el pavimento posee un adecuado comportamiento estructural frente a las fuerzas impuestas por el tráfico vehicular. En consecuencia, se concluyó que el pavimento de la Av. Jacinto Ibarra mantiene una condición óptima, proyectando una buena resistencia a las cargas externas.

Roncal & Tello (2022) tuvieron como objetivo conocer la deflexión característica con viga Benkelman utilizando CONREVIAl para diseñar el reforzamiento del pavimento flexible de la Av. Mansiche. En la investigación aplicada determinaron que, la deflexión máxima, mínima y media era 81.6, 45.6, 59.4 (0.01 mm), para un radio de curvatura máximo de 108.51 m del carril derecho; 103.2, 43.2, y 73.8 (0.01 mm) de deflexión máxima, mínima y media, para radio de curvatura máximo de 130.21 m del carril izquierdo. La deflexión de diseño en el carril derecho e izquierdo era 0.85 y 1.17 mm, por lo que, concluyeron que, el refuerzo asfáltico corresponderá a 80.12 y 128.1 mm para el carril derecho e izquierdo.

De La Cruz & Huamán (2023) tuvieron como meta evaluar el estado del pavimento flexible en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth en Trujillo, La Libertad, con el propósito de elaborar medidas de refuerzo. La metodología empleada se basa en un enfoque descriptivo, haciendo uso principalmente de la viga de Benkelman como herramienta de evaluación. Proyectaron el tráfico vehicular para los próximos 20 años y determinaron el ESAL de diseño, lo cual arrojó un valor de Tp_6 . Luego aplicaron el método de la viga Benkelman, obteniendo el "CASO 2" según la clasificación del manual de carreteras. En base a estos resultados, se diseñó un refuerzo estructural de 4 cm para ambas avenidas. Concluyeron que, era necesario reforzar el pavimento en las avenidas, como medida para mejorar su estado y prolongar su vida útil.

Flores (2023) buscó determinar cómo varía el comportamiento de los pavimentos flexibles según el tipo de suelo de subrasante en dicha vía. Empleó un enfoque aplicado y de nivel explicativo. Determinaron que el suelo A-2 presenta deflexiones entre 0.54×10^{-2} mm y 0.58×10^{-2} mm, con una deformación máxima 74×10^{-2} mm y una deflexión crítica 81×10^{-2} mm. Mientras que, el suelo A-4 registra deflexión 0.81×10^{-2} mm. En general, el 98.33% de los puntos evaluados cumplen con el radio de curvatura, indicando un comportamiento adecuado de la subrasante en la mayoría de la vía. Concluyó, que era necesario considerar el tipo de suelo al construir pavimentos flexibles, lo que puede influir en su comportamiento y durabilidad.

Jinchuña (2020) tuvo como objetivo evaluar la deflectometría y rugosidad del pavimento flexible de la Av. Bolognesi – Av. Tarapacá, Tacna. En la investigación aplicada, utilizaron como instrumento la viga Benkelman determinado que, la deflexión característica es mayor que la admisible, $133.50 \times$

$10^{-2} \text{ mm} > 72.30 \times 10^{-2} \text{ mm}$. Utilizando un vehículo de 8200kg de peso del eje trasero. Concluyendo que el pavimento es deficiente o se realizó un diseño estructural deficiente.

2.1.3. Antecedentes locales

Fernandez (2020) tuvo como objetivo determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible. En la investigación se realizaron un total de 101 ensayo en ambos carriles tomadas cada 100 m, los resultados obtenido mediante el método CONREVIAl, la deflexión característica (D_c) $67 \times 10^{-2} \text{ mm}$, la deflexión admisible (D_a) 71.10^{-2} mm , y la deflexión crítica (D_{cr}) 85.10^{-2} mm , y el promedio del radio de curvatura 333.28 m, concluyendo que la flexión admisible de los puntos de ensayo, de 8 sobrepasan, 14 están cerca y 79 cumplen, el pavimento estructural actualmente es bueno.

Quito (2019) tuvo como objetivo determinar la evolución y el comportamiento estructural del pavimento flexible. En la investigación aplicada, las deflexiones se registraron en un total de 26 unidades, realizando el análisis estipulado por CONREVIAl, teniendo como resultados, la deflexión característica (D_c) $116.7 \times 10^{-2} \text{ mm}$ y una deflexión admisible (D_a) $86.20 \times 10^{-2} \text{ mm}$, y la deflexión crítica (D_{cr}) 98.20×10^{-2} , concluyendo que 11 muestras no cumplen con el diseño y 15 cumple con el diseño.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pavimento

Los pavimentos son estructuras viales compuestas por varias capas superpuestas y adecuadamente compactadas sobre el terreno natural. Están diseñadas para soportar diversos tipos de cargas vehiculares, mejorando la transitabilidad y promoviendo la protección del entorno (Roncal & Tello, 2022).

2.2.2. Tipos de pavimento

Los pavimentos están compuestos de capas de asfalto, losa de concreto o capa semi rígida soportadas por dos capas no contradictorias (bases y subbases). Sin embargo, cualquiera de estas capas se puede asignar de acuerdo con las necesidades específicas del proyecto (Minaya & Ordóñez, 2006). En la Figura 30, se detallan visualmente los tipos de pavimento y sus capas conformantes.

2.2.3. Estructura del pavimento

Grupo de capas superpuestas, construido con materiales apropiados, correctamente compactados. Estas capas dependen del nivel, sub –nivel de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso las cuales deben resistir correctamente las veces que repita las cargas del transporte durante esta estructura de pavimento (López, 2015).

En cuanto a los componentes, muchos estudios y literatura han señalado que el pavimento está compuesto por capas de resistencia que disminuyen con la profundidad de la topografía natural; tales como carpeta, base, subbases (Cotrado, 2021).

- **Carpeta.** Esta capa soporta directamente la carga del vehículo, también llamada capa superficial (Sosa, 2018).
- **Base.** Se encuentra debajo de la capa asfáltica y es responsable de absorber la mayor parte de las fuerzas (Vergara, 2015).
- **Subbase.** Capa estructural situada entre la subrasante (terreno natural) y la base de una carretera o estructura de pavimento. Esta capa se compone de materiales granulares seleccionados, como grava o piedra triturada, que se colocan y compactan para proporcionar una plataforma estable y uniforme para las capas superiores.

2.2.4. Pavimento flexible

Un pavimento flexible consiste en capas superpuestas, niveles relativos, resistencia de las superficies, base y subbase, se ubican en base de la carretera. Su espesor se determina de acuerdo con los siguientes factores: Solicitud de tráfico, características de la subrasante y condiciones ambientales a las que estará sometido el pavimento toda la vida útil (Sánchez et al., 2020).

Estructura integrada por una capa granular (subbase, base) y una capa superficial formada por un ligante y una intercapa de áridos, también conocida como intercapa asfáltica (Cotrado, 2021).

a) Estructura del pavimento flexible

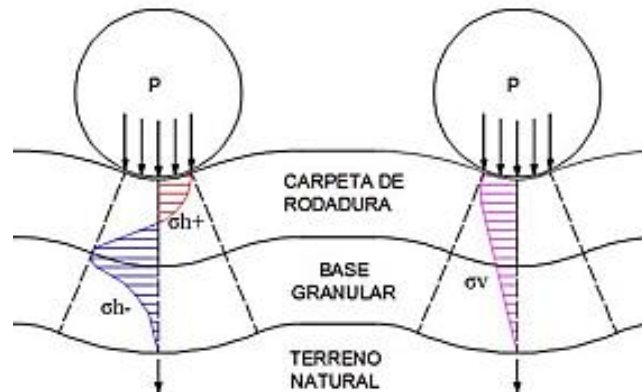
Capas sobrepuestas en el suelo de fundación, estas son: subbase (capa intermedia colocada para servir de apoyo a la subrasante), base granular (capa de material estandarizado con CBR superior al 80% que, se encarga de transmitir las cargas vehiculares a la subbase granular), y carpeta asfáltica, es aquella capa de material flexible asfáltico por la que, se le da la denominación de pavimento flexible (Medina, 2013).

2.2.5. Esfuerzos producidos en la estructura del pavimento flexible

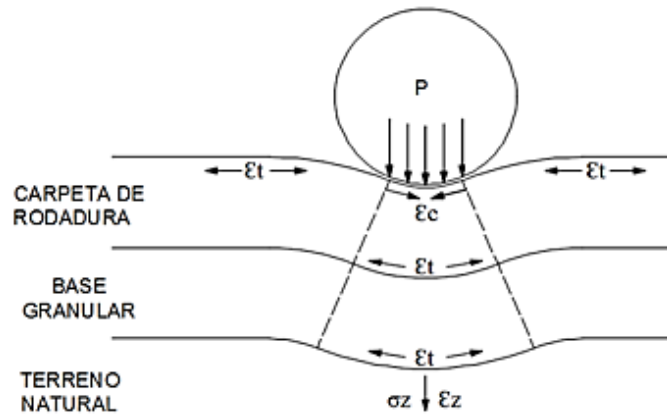
El pavimento asfáltico está compuesto por capas con el propósito de disponer las cargas verticales producidas por los vehículos. Sin embargo, las llantas no solo producen esfuerzos verticales si no también horizontales, los cuales se distribuyen por la carpeta asfáltica, pasando de un valor positivo en la superficie a negativo en el inferior, generando fisuras que se verán en la superficie (Quito, 2019).

Figura 1: *Esfuerzos producidos en la estructura del pavimento*

a) Distribución de esfuerzos en un pavimento flexible



b) Deformación en un pavimento flexible



Vista de los esfuerzos producidos en un pavimento flexible, donde en (a) se presenta su distribución y en (b) se detalla la deformación de las capas

Fuente: (Quito, 2019).

Como se observa en la Fig. 1a, se reduce el esfuerzo sobre la base granular, y cuando el espesor de la capa superficial es mayor a 3", contribuye a la función estructural, y en espesores menores, solo actúa como una capa protectora para el pavimento. Las principales fallas (Fig. 1b) que ocurren en el pavimento están relacionadas con la deformación excesiva en subrasante (Quito, 2019).

2.2.6. *Definición de subrasante*

La subrasante es la capa superior de fundación y actúa como el soporte natural del pavimento. La calidad y las características de la subrasante pueden variar considerablemente según el tipo de suelo y las condiciones geológicas del

sitio. Por lo general, se espera que la subrasante proporcione una base sólida y uniforme para el pavimento, distribuyendo de manera eficiente las cargas del tráfico y minimizando la deformación y el asentamiento del pavimento (Castro, 2020).

Constituye la base sobre la cual se asientan y distribuyen las cargas del tráfico vehicular y las capas superiores del pavimento. Se encuentra ubicada directamente debajo de las capas estructurales del pavimento y, por lo tanto, juega un papel fundamental en la estabilidad y durabilidad de la carretera (Ríos et al., 2020).

2.2.7. Solicitaciones principales de un pavimento

Se refieren a las cargas y esfuerzos a los que está expuesto el pavimento (Tengilimoglu et al., 2023).

2.2.7.1. Tránsito

Es la cantidad de vehículos que transitan por una determinada vía en un periodo de tiempo específico (Bhandari et al., 2023).

Índice medio diario anual (IMDA): Es un indicador de la cantidad promedio de vehículos que circulan sobre una vía en un día del año (Quito, 2019).

$$IMDA = IMDS \times FC \quad (1)$$

$$IMDS = \frac{\sum vi}{7} \quad (2)$$

Donde, IMDS índice medio diario semanal, FC factor de corrección estacional, vi vehículos registrados cada día durante 7 días.

Peso por eje de vehículos comerciales (ESALS): Medida que representa el efecto de carga producido por un eje de un vehículo comercial sobre el pavimento. Se calcula multiplicando el peso del eje por un factor de equivalencia (Quito, 2019).

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_p \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fp \quad (3)$$

Donde, IMD_p índice Medio Diario según tipo de vehículo, Fd Factor direccional, Fc Factor carril, Fvp Factor vehículo pesado según composición de ejes, Fp Factor de presión de neumáticos.

Tabla 1: *Tipos de tránsito en EE*

Tipos de tráfico expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado em EE
TP6	1,500,000 EE – 3,000,000 EE
TP7	3,000,000 EE – 5,000,000 EE
TP8	5,000,000 EE – 7,500,000 EE
TP9	7,500,000 EE – 10,000,000 EE

Fuente: (MTC, 2014).

2.2.7.2. Clima

Las condiciones climáticas también afectan al pavimento, ya que la humedad, las temperaturas extremas y la presencia de agua en la superficie pueden contribuir al deterioro y a la formación de grietas en el pavimento (Quito, 2019).

2.2.8. Comportamiento estructural del pavimento

El comportamiento y durabilidad del pavimento se puede definir como capacidades estructurales o funcionales medibles a lo largo del período de diseño. El público usuario los evalúa subjetivamente en función de factores como la calidad de conducción, la seguridad, la estética y la comodidad. Las propiedades del pavimento se pueden medir cuantitativamente y ser relacionadas con las consideraciones subjetivas del usuario, se denominan indicadores de desempeño y son: Fallas Visibles, Capacidad Estructura, superficie de fricción y rugosidad. (López , 2016)

2.2.8.1. Categoría del comportamiento del pavimento

Pavimento de buen comportamiento estructural: Se refiere a aquellas superficies de carretera que muestran una resistencia adecuada a las cargas del

tráfico y presentan una deformación mínima bajo condiciones normales de uso. Estos pavimentos suelen tener una vida útil prolongada y requieren menos mantenimiento. Se encuentra en la falla tipo I del análisis de deflexión (Cubas, 2017).

Pavimento de regular comportamiento estructural: Este tipo de pavimento muestra ciertas deficiencias en su estructura que pueden afectar su durabilidad y resistencia. Aunque pueden soportar las cargas del tráfico en general, pueden requerir un mantenimiento más frecuente y correcciones para evitar daños mayores. Se encuentra en la falla tipo II y tipo III del análisis de deflexión (Cubas, 2017).

Pavimento de mal comportamiento estructural: Son superficies de carretera que presentan graves problemas estructurales, como fisuras extensas, hundimientos o desprendimientos. Estos pavimentos son incapaces de soportar las cargas y requieren reparaciones urgentes para evitar riesgos de seguridad y daños a los vehículos. Se encuentra en la falla tipo IV del análisis de deflexión (Cubas, 2017).

2.2.9. Evaluación del pavimento

Los pavimentos son evaluados para comprender la condición funcional del sistema estructural, con base en el análisis y estimación de valores estructurales residuales, que a su vez pueden identificar las causas de deformación o deterioro del pavimento. Para definir el estado superficial del pavimento asfáltico se efectúa un estudio de las causas de los defectos resultantes, lo que ha demostrado ser de gran importancia para la elaboración de proyectos orientados a la protección e igualmente restauración de vías (Ibrahim et al., 2020).

Se refiere a determinar la capacidad de soporte de una estructura vial, evaluación que se puede realizar en cualquier momento de su servicio, obteniendo datos que permitan cuantificar la necesidad de reparación (Ahmed et al., 2023).

A menudo, cuando se enfrentan problemas estructurales, las evaluaciones se realizan utilizando procedimientos “destruktivos”, es decir, se toman muestras representativas en tajos abiertos y se procesan en el laboratorio, sus materiales se analizan individualmente y luego se deducen sus características estructurales. Pero hay un enfoque “no destructivo” que consiste en tomar la deflexión (Encalada & Galecio, 2021).

a) Evaluación funcional

Tiene como objetivo identificar aquellos defectos que están relacionados con la calidad de la superficie y el estado general del pavimento, teniendo en cuenta todos los factores que afectan negativamente el desempeño, la seguridad y los costos para el usuario (Fernandez, 2020).

b) Evaluación estructural

Consiste en determinar la resistencia del sistema estructural del pavimento existente en cualquier punto de su vida útil para establecer y cuantificar la necesidad de reparación (Jiang et al., 2023).

Para las evaluaciones de carreteras, se utilizan varios dispositivos para recopilar datos. La evaluación de pavimentos se utiliza de diversas formas, que se pueden agrupar en cuatro áreas de aplicación principales: sistemas láser, cámaras digitales, sistemas comerciales y otros métodos (Ríos et al., 2020).

Métodos indirectos o no destructivos. Determinan la capacidad estructural de los pavimentos sin dañar necesariamente la estructura, y que se basan en suposiciones y modelos matemáticos. El equipo de medición de la deflexión

puede registrar la deflexión en diferentes puntos, lo que ayuda a definir completamente la característica de deformación (Quito, 2019).

2.2.10. Evaluación estructural no destructiva

También llamado método indirecto de auscultación estructural, mediante el cual se puede evaluar la capacidad estructural de los diferentes componentes que conforman el pavimento ante las cargas generadas por el tráfico, lo cual no requiere perturbarlos o destruirlos, para realizarlo se deben tomar medidas en la superficie del pavimento, cuando se aplican fuerzas externas o cuando se transfiere energía, existe una respuesta llamada deflexión, la cual se explica por su forma y el tamaño del cuenco de deflexión, y a través de modelos matemáticos se pueden determinar las características estructurales del pavimento. determinado. Después de caracterizar las mediciones realizadas por el equipo de medición de deflexión en diferentes puntos del pavimento, se puede definir el cuenco de deflexión (Encalada & Galecio, 2021).

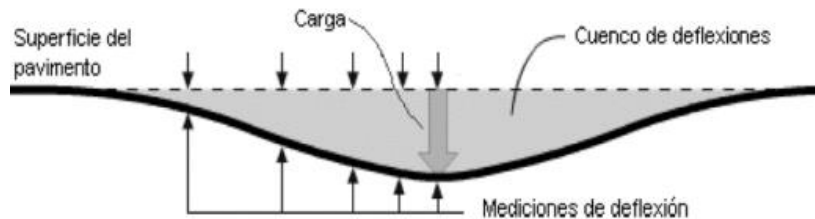
Se denominan así porque permiten estudiar las capacidades estructurales existentes en los pavimentos sin intervenir en ningún punto de los mismos. Entre los métodos no destructivos, se reconocen dos categorías: medición de deflexión y evaluación empírica (Fernandez, 2020).

2.2.11. Deflexiones

Valor representado por la respuesta estructural antes de la carga vertical de la aplicación. También se define como la carga de desplazamiento vertical frente al paquete de estructura del pavimento para la carga, que genera la máxima desviación. La desviación permite la capacidad estructural de los laterales. Por lo tanto, en el modelo estructural, si la desviación es alta, la capacidad estructural del modelo de pavimento es débil o insuficiente (Higuera, 2007).

Conocer la capacidad estructural de un pavimento se puede hacer usando un método simple y fácil que consiste en aplicar una carga al pavimento y medir la deflexión (Figura 2). La desviación de las aceras representa su respuesta a los estímulos, como lo hacen las cargas de tráfico (Encalada & Galecio, 2021).

Figura 2: *Caracterización del cuenco de deflexiones*



Esquema de detalle del cuenco de deflexiones y las cargas que lo producen

Fuente: (Encalada & Galecio, 2021).

Es una medida de la elasticidad que proporciona datos acerca de la condición del pavimento, por lo que se dividen en tres tipos: (Roncal & Tello, 2022)

Deflexión total: La desviación vertical específica del pavimento cuando se encuentra bajo carga.

Deflexión Elástica: La reversión del pavimento que se produce una vez que se retira la carga (Chávarry, 2018).

Deflexión Permanente: La medida entre la posición original del pavimento y su posición posterior a la aplicación de la carga (Chávarry, 2018).




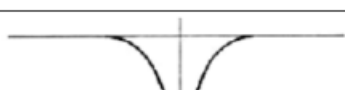
$$Dn = (Lf - Ln) \times 4 \quad (4)$$

Donde, Dn deflexión en la medida n, Lf deflexión final, Ln lectura en la medida n.

La deflexión de una estructura de pavimento asfáltico es el desplazamiento vertical de la superficie en respuesta a cargas externas. Cuando esta carga se aplica a la superficie, todas las capas se desvían, creando tensión en cada capa, como se muestra en la Figura 3. La forma y las dimensiones del cuenco de deflexión

contienen información importante sobre las características estructurales del pavimento y la superficie (Cubas, 2017)

Figura 3: *Características del pavimento flexible según deflexión*

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

Vista del tipo de deflexión de acuerdo a la curva medida y el pavimento evaluado

Fuente: método CONREVIAL citado por (Cubas, 2017).

La deflexión medida hacia el final de la cubeta refleja la condición de la subrasante, mientras que las medidas tomadas en el centro de la aplicación de la carga reflejan la condición de la superficie. En la Figura 3 muestra la evaluación del pavimento según la longitud (L_o) y profundidad máxima (D_o) de la cuenca (Fernandez, 2020).

2.2.12. Cargas estáticas para medir deflexiones

Se desarrolla para vigas Benkelman, a partir de las cuales se obtienen las deflexiones en un punto del pavimento bajo el cual se aplica una carga. Se colocan vigas debajo de las ruedas gemelas en el eje trasero de un camión que emite una carga de 8.2 ton para calcular la deformación que se produce en la superficie de la carretera (Roncal & Tello, 2022).

La respuesta de un pavimento a una sola aplicación de una carga estática o una carga de movimiento lento generalmente se obtiene midiendo la deflexión del pavimento bajo la carga. El instrumento más utilizado para medir la deformación elástica de un determinado pavimento es la viga deflectora desarrollada por Alvin Carlton Benkelman, la cual permite conocer los diferentes estados y características del pavimento, muy útil en el diseño, construcción y protección de su estructura. El vehículo de carga consiste en un camión de dos ejes Compuesto, con una capacidad de aproximadamente 5 toneladas, con una carga en el eje trasero igual a 8.2 toneladas, distribuidas equitativamente sobre dos ruedas, cada una de las cuales debe tener dos neumáticos. Los neumáticos deben ser neumáticos de doce capas de 10" x 20" inflados a 5.6 kg/cm² (80 lb/in²). Los neumáticos deben tener las mismas características y estar en buen estado. La prueba de deflexión debe realizarse con las ruedas exteriores del camión. El punto en el que se mide la deflexión debe ubicarse sobre el pavimento aproximadamente a 70 cm del borde de la calzada, la zona más afectada por el tránsito vehicular. Normalmente, las mediciones a distancias de hasta 50 m deberían tomarse alternativamente en ambos lados de la carretera para que sean representativas del estado general de la superficie de la carretera (Fernandez, 2020).

2.2.13. Ensayo de Viga Benkelman

Es un dispositivo mecánico que se usa para medir el desplazamiento colocado en el punto de contacto entre las ruedas, el gemelo del camión; consta de una palanca muy larga que gira alrededor de un eje de rotación horizontal, en un punto fijo que divide una palanca en dos brazos desiguales. Para calcular la deflexión y su radio de curvatura es necesario utilizar una viga modificada para que haya dos palancas en la misma viga instrumental, se trata de dos vigas

desplazadas a 0,25 metros una de otra. La viga Benkelman es un dispositivo sencillo de valor incalculable que no requiere de personal altamente especializado y permite evaluar el debilitamiento gradual de una estructura debido a los esfuerzos de las cargas que la atraviesan. Asimismo, proporciona una referencia para evaluar el estado estructural del pavimento y delimita zonas con un comportamiento estructural homogéneo. (Cárdenas , 2018)

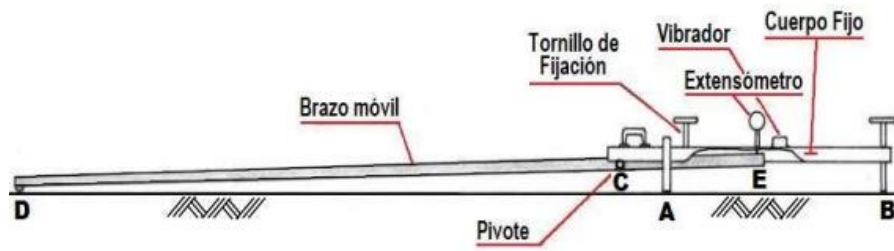
El Benkelman es un dispositivo desarrollado durante las pruebas por la Asociación de Organizaciones de Carreteras de los Estados Occidentales. Este es un dispositivo bastante simple el cual funciona aplicando lo que se conoce como la "Ley del Apalancamiento" la cual puede considerarse simple y económica, los principios de su aplicación son bien conocidos y consisten en medir el desplazamiento vertical de la superficie de la carretera previo a su aplicación de carga estática o de aplicación lenta. (Pandales & Pedroza, 2009)

Es una varilla multiplicadora con un comparador en su extremo para medir la deflexión que se produce en el extremo inicial entre las dos ruedas dobles del eje estándar. Las mediciones de deflexión con este dispositivo son puntuales y manuales, y deben estar fuera de los límites. No es práctico utilizar este dispositivo para mediciones de deflexión de menos de 25 m (Monzón, 2010).

a) Partes de la viga Benkelman

Consta esencialmente de dos partes: Un cuerpo de soporte, con dos apoyos delanteros fijos y uno trasero ajustable, se coloca directamente sobre el terreno. Un brazo móvil, conectado mediante una articulación giratoria, se apoya en el suelo en un extremo y en un vástago de un extensómetro de movimiento vertical en el otro (Pandales & Pedroza, 2009).

Figura 4: Partes de la viga Benkelman



Vista de las partes de la viga Benkelman

Fuente: (Balarezo-Zapata, 2017).

b) Procedimiento de ensayo de viga Benkelman

Según (MTC, 2016) el procedimiento para el ensayo consta de:

El punto del pavimento a ensayar debe estar convenientemente marcado con una línea transversal a la calzada. El punto de prueba estará situado sobre dicha línea a una distancia predeterminada del borde. Se recomienda utilizar las distancias indicadas en la Tabla 2 a continuación.

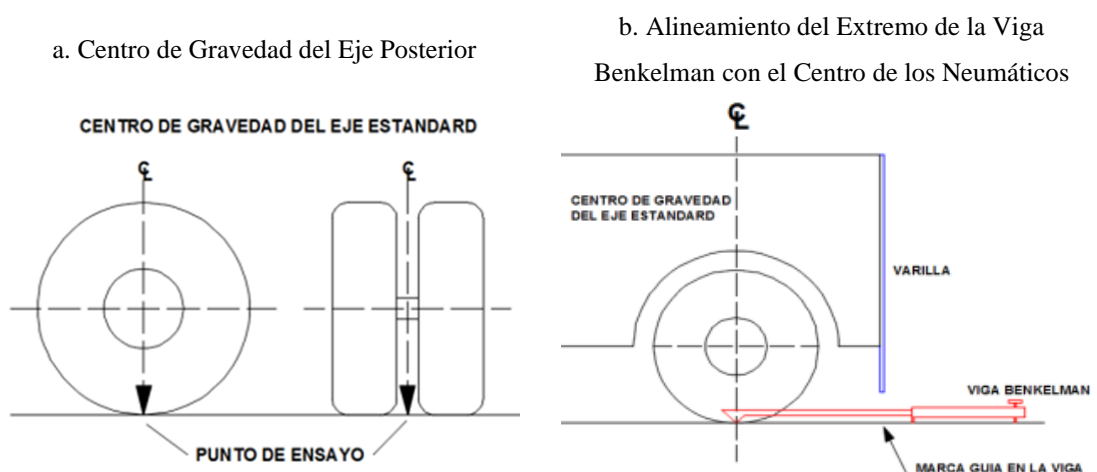
Tabla 2: Distancias para ensayos

Ancho de carril	2.7 m	3.0 m	3.3 m	3.6 m o más
Distancia del punto del ensayo desde el borde del pavimento (m)	0.45	0.60	0.75	0.90

Fuente: (MTC, 2016).

La rueda doble exterior debe colocarse en el punto elegido de forma que quede entre los dos neumáticos. Para una correcta orientación, coloque un riel vertical en la parte trasera exterior del camión correspondiente al eje de carga; moviendo levemente el camión, haga coincidir el riel vertical con la línea transversal indicada en el Paso I de manera que el punto entre los dos bordes de ambas ruedas está alineado con el eje vertical que coincide aproximadamente con el conjunto (ver Fig. 5a). Una tolerancia de 3 pulgadas alrededor de este punto es aceptable para toda la operación.

Figura 5: *Ubicación y alineamiento para el ensayo viga Benkelman*



Esquema de la ubicación y alineamiento de la carga vehicular durante el ensayo de la viga Benkelman

Fuente: (MTC, 2016).

El travesaño se coloca sobre el pavimento detrás del camión, perpendicular al eje de carga, de forma que el punto de ensayo del brazo móvil coincida con el punto de ensayo y el travesaño, de forma que no roza contra las carcasas de los neumáticos de las ruedas dobles. Dado que esto último es difícil por la inaccesibilidad tanto visual como manual, antes se hará lo siguiente:

La viga se coloca entre las llantas, pero fuera de las llantas de manera que el extremo del brazo móvil coincida con el eje vertical del centro de gravedad, utilizando la plomada, con la cual es punto de referencia. Fije a la barra vertical en la parte trasera del camión (ver fig. 5b), haga una marca en la viga, de ahora en adelante, únalas lo suficiente para que el límite de la viga concuerde con el eje de la llanta, cuando comience para medir

De la misma manera, a partir de la primera, es posible realizar marcas consecutivas a distancias seleccionadas donde se desea medir la deflexión adicional (pueden ser 25, 50, 75 y 100 cm), esto se recomienda para fines de

verificación, o si desea tener una idea gráfica del tipo de curva de deflexión producida.

Luego en el punto del levantamiento, coincidente con los rieles verticales y marcas iniciales, se verifica el alineamiento.

Retire o suelte el bloqueo del brazo vivo y ajuste la parte inferior de la viga con el tornillo trasero para que el brazo de medición vivo haga contacto con el vástago del dial.

Ajuste el dial para que el recorrido libre de la varilla esté entre 4 y 6 mm (4 o 6 vueltas).

Gire el dial del extensómetro hasta que el puntero esté en cero, luego golpee ligeramente con un lápiz y active el vibrador de haz para verificar la lectura. Gire la esfera si es necesario y repita hasta obtener una posición cero (0).

La prueba comenzará cuando se confirme que las lecturas permanecen constantes, lo que garantiza que la superficie de la carretera esté equilibrada bajo carga.

Una vez que la lectura inicial se pone a cero, el camión avanza de manera constante y lenta, continuando tomando lecturas cuando la barra vertical coincide con la primera, segunda y otras marcas adicionales (Figura 6), y cuando el camión se mueve del punto de prueba Lectura final al moverse a una distancia de unos 4 o 5 m, momento en el que el indicador ya no se mueve y se registra la deflexión cero.

Figura 6: Posiciones de la prueba de viga Benkelman

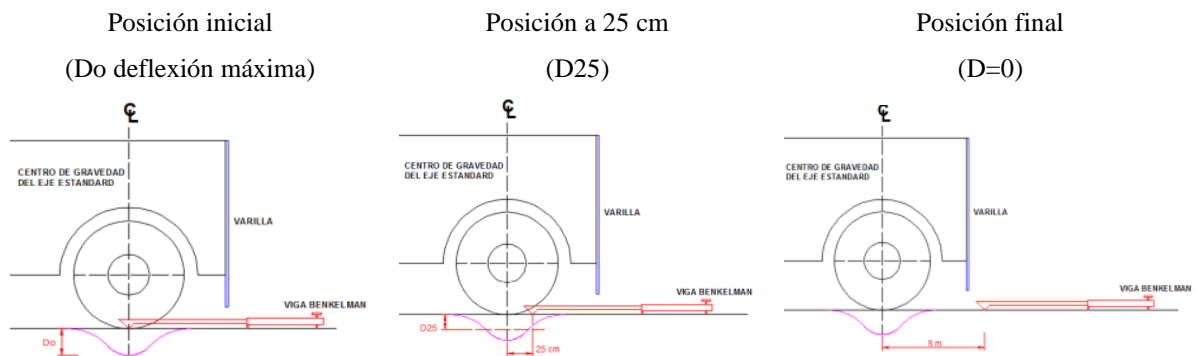


Diagrama que muestra las diferentes posiciones en las que se realiza el ensayo de viga Benkelman para determinar la deflexión del pavimento

Fuente: (Fernandez, 2020).

Para medir la temperatura del pavimento se realiza un orificio (antes de iniciar el ensayo y al mismo tiempo que se traza la línea), las dimensiones del orificio son: 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente en el punto de medida y el borde del pavimento.

Se llenan los agujeros con agua y una vez transcurrido en la carretera 10 minutos, se coloca el termómetro, determinando la temperatura antes de que el camión se mueva.

Para detectar la deformación plástica entre las ruedas gemelas del camión o para verificar la caída de los soportes de la viga, se siguen los pasos según se especifica en MTC E 1002-2000.

2.2.14. Metodología empírica CONREVIAl

Se debe tener en cuenta que la deflexión característica es menor que la deflexión admisible ($D_c < D_{adm}$), de lo contrario, en las condiciones de trabajo, donde la deflexión característica excede el valor permisible, como el concepto de fatiga del revestimiento asfáltico, y a medida que aumenta la rigidez del pavimento, es decir, a medida que disminuye la deflexión, disminuye la

contribución estructural del refuerzo. La ecuación mostrada a continuación se utiliza para calcular el espesor de recubrimiento o modificación: (Encalada & Galecio, 2021)

$$h = \frac{R}{0.434} \times \log \frac{D_c}{D_{adm}} \quad (5)$$

Donde: h: Espesor de refuerzo (cm). **Dadm**: Deflexión admisible en centésimas de milímetros. Dc: Deflexión característica en centésimas de milímetros. R: Coeficiente con dimensiones de un espesor, que expresa la capacidad del material de refuerzo para reducir la deflexión del pavimento subyacente. El manual de CONREVIAl recomienda un valor de R= 17.

2.2.15. Determinación de la deflexión máxima y el tipo de curvatura

a) Determinación del radio de curvatura

Determinación de la deformación que sufre la capa de pavimento debido a las cargas de los vehículos, este método se basa en que la deflexión de la línea al eje de la carga describe la forma de una parábola a una distancia de hasta 25 cm, resultando en una desviación en la dirección horizontal (Roncal & Tello, 2022).

$$Rc = \frac{10 \times 25^2}{2 \times (D0 - D25)} \quad (6)$$

Donde: D0: Deflexión Máx. corregida por temperatura. D25: Deflexión Máx. corregida por temperatura. 10: Coeficiente por cambio de unidades. Rc: Radio de curvatura (m).

b) Determinación de la deflexión

$$Dn = (Lf - Ln) \times 4 \quad (7)$$

Donde: Dn deflexión en la medida n, Lf lectura en la medida final, Ln lectura en la medida n.

c) Corrección de las deflexiones

Por temperatura. Para el pavimento, la magnitud de la deflexión aumenta con el aumento de la temperatura de la capa de asfalto debido a la menor rigidez de la mezcla. Para corregir la desviación, se calibran frente a una temperatura estándar de 20 °C (Encalada & Galecio, 2021).

$$D_{20^\circ} = \frac{D_0}{0.001(t-20^\circ)(h)+1} \quad (8)$$

Donde, D_0 : Deflexión recuperable a la temperatura t . D_{20} : Deflexión recuperable a la temperatura estándar (20°) h : Espesor de la carpeta asfáltica en cm, medido en el borde del pavimento. t : temperatura de la carpeta asfáltica al momento de ejecutarse el ensayo.

Por condiciones ambientales. El valor característico de deflexión debe verse afectado por los siguientes valores: (Fernandez, 2020)

Tabla 3: *Factores de corrección por el contexto ambiental*

Naturaleza del suelo de subrasante	Periodo		
	Lluvias	Intermedio	Seco
Arenoso y permeable	1	1-1.1	1.1-1.3
Arcilloso e impermeable	1	1.3-1.5	1.5-1.8

Fuente: (Montejo, 2006).

d) Deflexión característica

Es un parámetro estadístico utilizado para caracterizar el pavimento, el cual necesita tener una deflexión máxima recuperable (D_0) (Roncal & Tello, 2022).

$$Dm = \frac{\sum_{i=1}^N Di}{n} \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Di - \bar{D})^2}{(n-1)}}; \text{ para } n > 30 \quad (10)$$

$$CV = \frac{\sigma}{D} \times 100 \quad (11)$$

La deflexión característica se utiliza en el cálculo de diseño, es el valor que mejor representa la porción del pavimento.

$$D_c = D_m + t \times \sigma \quad (12)$$

Donde: σ Desviación estándar. D_c : Deflex. Característica, D_m : Deflex. Prom. de los valores individuales D_0 corregidos t : Coef. que representa al % del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica. En el método CONREVIAL se suele utilizar un valor medido de poco más del 5%, aunque por supuesto este valor puede variar por razones económicas, relaciones coste-mantenimiento, fiabilidad y grado de reparación.

Tabla 4: Valores de “ t ” y posibilidad de $D > D_c$

Valor de diseño	D_c	Área $D > D_c$
50	D	50
75	$D + 0.67\sigma$	25
90	$D + 1.3\sigma$	10
95	$D + 1.645\sigma$	5
99	$D + 2.33\sigma$	1

Fuente: (Fernandez, 2020).

e) Deflexión crítica

Este parámetro se define en términos de tráfico de diseño, que establece los límites de deflexión al finalizar el ciclo de diseño. Valores por encima de este valor no garantizan un buen desempeño estructural durante el diseño (Roncal & Tello, 2022).

$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}} \quad (13)$$

Donde, D_{cr} Deflex. crítica (mm) N_{18} Número repeticiones de ejes que equivalen a 8.2 ton.

f) Deflexión admisible

Deformación vertical de la carretera como resultado de acciones definidas de carga o sollicitación. También es una medida de la respuesta de la configuración

de "pavimento-subrasante" a una carga dada, lo que indica la capacidad de aprendizaje del pavimento desde un punto de vista estructural. La deflexión se compara con el límite permisible, que es la deflexión tolerable que garantiza un desempeño satisfactorio del pavimento con respecto al tráfico que debe soportar. Comparar las deflexiones admisibles mediante un análisis exhaustivo de los resultados de la evaluación, proponiendo una serie de posibilidades a analizar, y finalmente determinando la capacidad estructural del pavimento existente frente al tráfico y las cargas cíclicas, y determinando si la estructura del pavimento es adecuada y solo se requieren modificaciones superficiales (MTC, 2014).

Figura 7: *Curva de deflexiones*

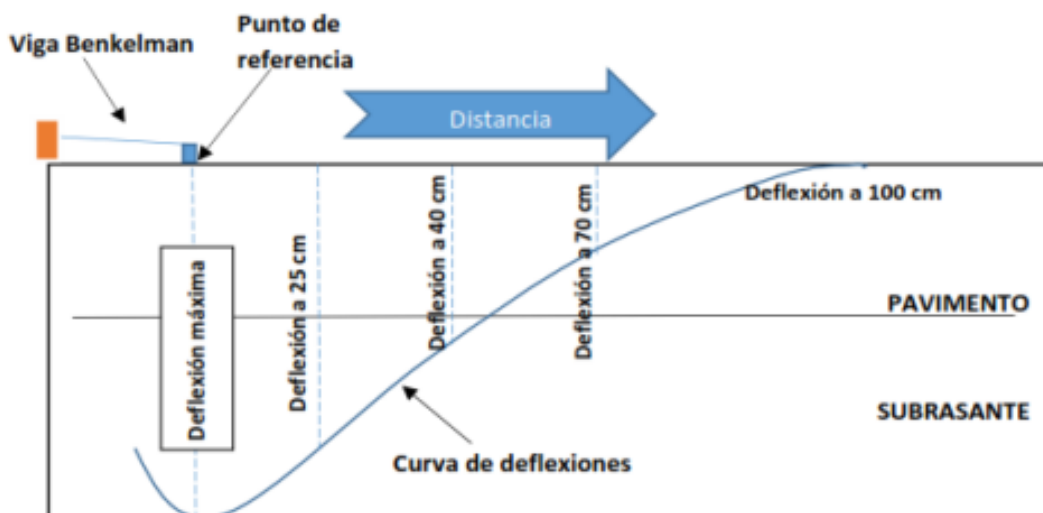


Diagrama de la curva de deflexión del pavimento en relación al ensayo de viga

Benkelman

Fuente: (Balarezo-Zapata, 2017).

Respuesta "pavimento-subrasante" ante sollicitaciones, que indica la capacidad estructural del pavimento. Una vez realizadas las mediciones, se elaborará un mapa de flechas, que permitirá el análisis de la variabilidad en la capacidad portante de la estructura de pavimento existente, identificando

finalmente zonas con características homogéneas, definiendo para cada zona homogénea la flecha característica conveniente (Cárdenas , 2018).

La deflexión es un parámetro usado para verificar la capacidad portante de las estructuras de pavimento. Algunos métodos empíricos proponen el uso de fórmulas para calcular la deflexión admisible, que puede definirse como la deflexión admisible del pavimento, y se utiliza para juzgar si la estructura del pavimento proporciona suficiente soporte estructural para los servicios de los usuarios. Aquí hay algunas fórmulas utilizadas para calcular la deflexión permisible (Encalada & Galecio, 2021).

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N_{18}}\right)^{0.25} \quad (14)$$

De acuerdo al criterio de CONREVIAl, se utiliza la expresión D_{adm} , N_{18} número total de ejes equivalentes de 8.2 ton, expresado en millones.

2.2.16. Criterios de evaluación estructural del pavimento

En la metodología de la viga Benkelman, se emplean valores de deflexiones en pavimento, como las deflexiones medidas en los ensayos y la rigidez relativa entre el pavimento y la subrasante, para establecer relaciones cualitativas entre las características de la curva de deflexiones y el sistema Pavimento-Subrasante.

Existen varios tipos de modelos de deformación que pueden ser interpretados como: (Cubas, 2017)

El Tipo I denota un buen comportamiento estructural tanto del pavimento como de la subrasante, con una deflexión pequeña y un radio de curvatura mediano.

En contraste, el Tipo II indica un mal comportamiento estructural de la subrasante y un buen comportamiento del pavimento, con una deflexión grande y un radio de curvatura mediano.

Por otro lado, el Tipo III muestra un buen comportamiento de la subrasante, pero un mal comportamiento del pavimento, con una deflexión pequeña y un radio de curvatura pequeño.

Finalmente, el Tipo IV evidencia un mal comportamiento estructural. Esto podría originarse a partir de un pavimento con capas insuficientes o deterioradas, junto con una subrasante compuesta por materiales inadecuados y con deficiencias en compactación y drenaje.

Tabla 5: *Criterios para la evaluación estructural de pavimentos*

Tipo de deflexión	Datos deflectométricos obtenidos	Calidad estructural	Criterio de cálculo para refuerzo	Medidas correctivas
I	$Dp \leq Dadm$ $R \geq 100$	Buena		Solo correcciones de superficie
II	$Dp > Dadm$ $R \geq 100$	Si $Dp < Dadm$	Deflectométrico	Refuerzo
		Si $Dp > Dadm$	Deflectométrico, resistencia	Refuerzo o reconstrucción
III	$Dp \leq Dadm$ $R < 100$	Regular a mala	Resistencia	Refuerzo o reconstrucción
IV	$Dp > Dadm$ $R < 100$	Mala	Resistencia	Refuerzo o reconstrucción
V		Mala El pavimento presenta IGG > 180	Resistencia	Reconstrucción

Fuente: (Gutiérrez, 2021).

2.2.17. Ciclo de vida del pavimento

Es una herramienta para la posible entrada y salida del sistema relacionado con el producto y su sistema generado en toda la vida. Esta herramienta se usa principalmente para la toma de decisiones, el análisis del ciclo de vida se utiliza principalmente para el trabajo de infraestructura, que es una herramienta

importante para la gestión del transporte, y está principalmente en la carretera con un alto volumen de tráfico (Casas, 2021).

El deterioro de la estructura del pavimento es un tipo de daño, que es una función de gravedad y cantidad o densidad. Teniendo en cuenta una gran cantidad de condiciones posibles, la expresión del índice de los tres factores mencionados es problemática. Para superar esta dificultad, se introduce "valor de inferencia", como el prototipo de los factores ponderados para indicar el grado de emoción, es decir, el tipo de categoría de daño, la gravedad y la densidad de cada combinación en la acera. (Rojas, 2019)

El ciclo de vida del pavimento se base en el esquema de deterioro del mismo (Figura 8) el cual está representado por: (Coripuna & Huanacchiri, 2019)

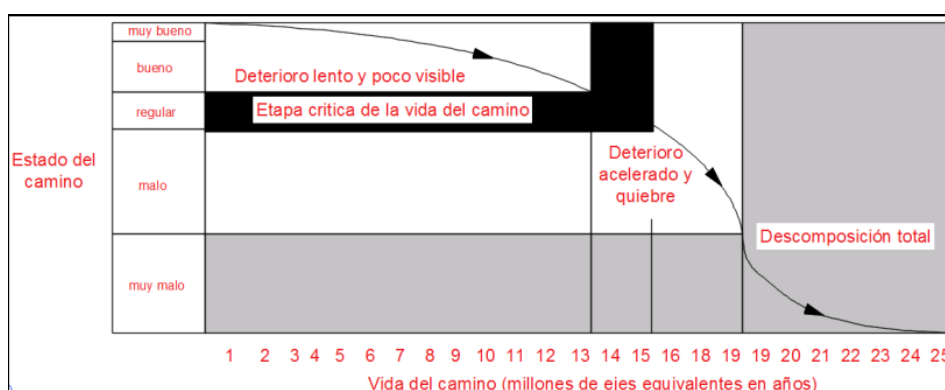
a) Construcción del pavimento. De acuerdo con el modelo de calidad y los requisitos del usuario, esta es la primera etapa y la superficie de la carretera está en buenas condiciones.

b) Deterioro disimulado. Al comienzo del servicio, el pavimento se desgastará y debilitará debido al ciclo de vehículos pesados y livianos que ruedan sobre el pavimento. Además de este desgaste, también está el clima.

c) Deterioro acelerado. El deterioro por el uso frecuente del vehículo, las averías y los daños pueden ocurrir más rápidamente si no se toman medidas de mantenimiento, que van desde normales hasta muy graves.

d) Deterioro general. Esta es la etapa final, debido al deterioro general de la superficie de la carretera, lo que reduce en gran medida la capacidad de paso del automóvil, causando daños en las llantas, ejes y otros componentes.

Figura 8: Esquema de deterioro de un pavimento



Esquema del deterioro del pavimento flexible de acuerdo al paso del tiempo

Fuente: (Martínez, 2015).

2.3. Definición de términos básicos

Carretera: Es una vía de transporte terrestre diseñada y construida para permitir el tráfico de vehículos entre diferentes lugares (Rojas, 2019).

Comportamiento estructural. Se refiere a cómo responde la capa de pavimento de una carretera ante las cargas del tráfico y otras influencias externas. Incluye aspectos como la capacidad de soportar las cargas vehiculares sin deformarse excesivamente, la resistencia a la fatiga y la formación de grietas, así como la capacidad para mantener la estabilidad y la funcionalidad de la carretera a lo largo del tiempo (Quito, 2019).

Pavimento flexible. Sistema de capas compuesto principalmente por una capa superior de rodadura hecha de mezcla asfáltica, la cual se coloca sobre una base estructural compuesta por una o más capas de material granular (Pérez, 2021).

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

Se ha desarrollado en la carretera Cajamarca – San Marcos, tramo Iscoconga (plaza pecuaria) – Llacanora, de la región de Cajamarca.

a) Ubicación política

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Llacanora

El mapa de ubicación se puede observar en el apéndice “Planos”.

b) Ubicación geográfica

Con ubicación geográfica en las coordenadas de la Tabla 6 y coordenadas UTM en la Tabla 7.

Tabla 6: *Coordenadas geográficas de la vía en estudio*

Punto	Lugar	Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)
		Latitud	Longitud	
Inicio	Iscoconga (plaza pecuaria)	-7.203175°	-78.452364°	2629.57
Final	Llacanora	-7.195331°	-78.424908°	2612.53

Tabla 7: *Coordenadas UTM de la vía en estudio*

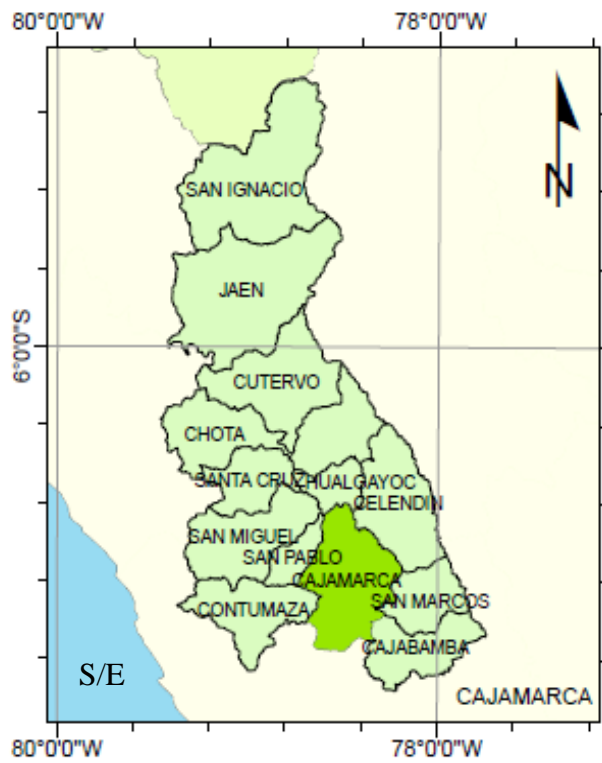
Punto	Lugar	Datum	Zona	Franja	Coordenadas UTM	
					Este (m E)	Norte (m S)
Inicio	Iscoconga (plaza pecuaria)	WGS-84	17	M	781355.96	9203006.03
Final	Llacanora	WGS-84	17	M	784395.02	9203857.00

Figura 9: *Mapa de ubicación geográfica del Perú*



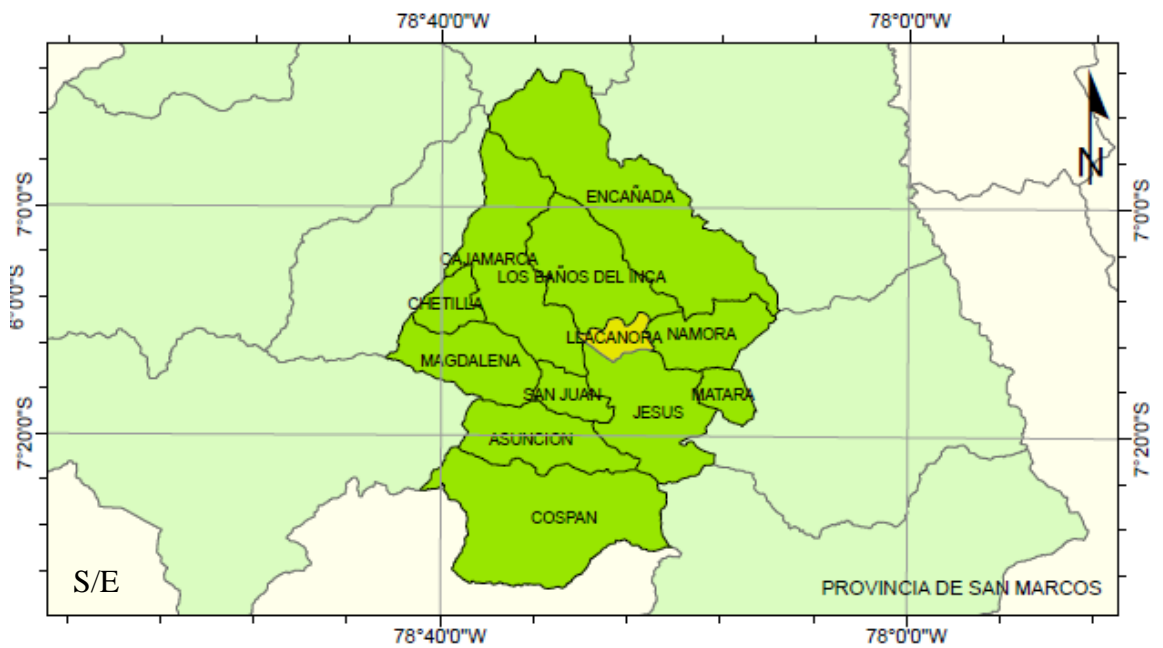
Fuente: (<https://www.geogpsperu.com/p/descargas.html>).

Figura 10: *Mapa de ubicación geográfica de la región de Cajamarca*



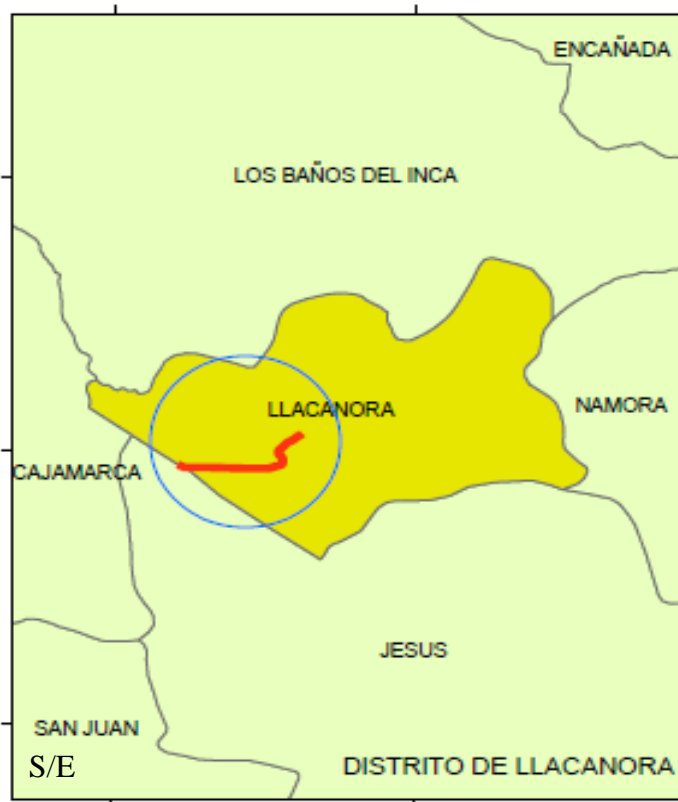
Fuente: (<https://www.geogpsperu.com/p/descargas.html>).

Figura 11: *Mapa de ubicación geográfica de la provincia de Cajamarca*



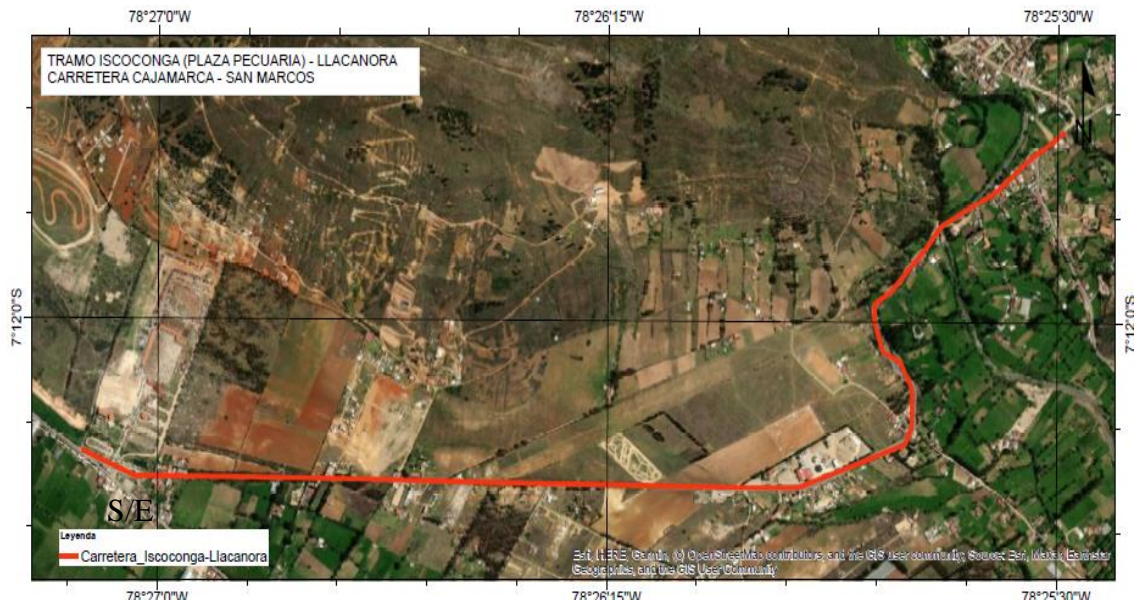
Fuente: (<https://www.geogpsperu.com/p/descargas.html>).

Figura 12: *Mapa de ubicación geográfica del distrito de Llacanora*



Fuente: (<https://www.geogpsperu.com/p/descargas.html>).

Figura 13: *Mapa de ubicación geográfica de la vía en estudio*



Fuente: (Google maps, 2024).

3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación

De acuerdo al fin: aplicada, se ha aplicado el método CONREVIAl para establecer el comportamiento estructural del pavimento flexible de la vía.

De acuerdo al enfoque es cuantitativa. Se han obtenido datos numéricos a partir de la realización del ensayo de deflectometría.

Según la ubicación temporal es transversal, lo que permitió evaluar el comportamiento estructural del pavimento flexible en el tramo específico de la carretera entre Iscoconga (Plaza Pecuaría) y Llacanora en un periodo determinado, sin necesidad de seguir los cambios en el tiempo.

De acuerdo a la manipulación de variables es no experimental. En la investigación se ha determinado por medio de ensayos no destructivos de campo (viga Benkelman) sin alterar los resultados alcanzados o modificar algunas características del entorno ensayado.

Según el alcance de la investigación es descriptiva, para definir de forma gráfica los resultados del pavimento flexible por medio de viga Benkelman.

3.2.1. *Diseño de investigación*

La investigación se clasifica como de diseño no experimental descriptivo porque se centra en describir las características y condiciones actuales del pavimento flexible en un tramo específico de la vía, así como en identificar las causas que contribuyen a su estado actual sin involucrar la manipulación de variables.

El diseño descriptivo permite detallar y caracterizar las propiedades y fenómenos observados del pavimento, como son su estructura, daños presentes y niveles de deflexión, utilizando para ello una metodología que incluye inspecciones visuales, mediciones directas y el uso de tecnologías específicas, como el ensayo con la viga Benkelman.

$$X \rightarrow Y \leftarrow O \quad (15)$$

Donde, X es la muestra pavimento flexible, Y la variable “Comportamiento estructural”, O es la observación del fenómeno de estudio.

3.3. **Métodos de investigación**

Usó el método hipotético deductivo debido a su estructura lógica y sistemática para abordar el problema de estudio y desarrollar conclusiones basadas en la observación y el análisis.

- **Hipotético:** En primer lugar, la investigación planteó hipótesis o suposiciones sobre el comportamiento estructural del pavimento flexible en el tramo de la carretera estudiado.
- **Deductivo:** Luego, se procedió a deducir consecuencias lógicas a partir de esta hipótesis.

3.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

Población: Tramo Isoconga (plaza pecuaria) – Llacanora de la carretera Cajamarca – San Marcos, región de Cajamarca

Muestra: La muestra es igual a la población. Siendo el tramo de Isoconga (plaza pecuaria) – Llacanora de 3.64 km de vía asfaltada de 6.6 m.

Unidad de análisis: Comportamiento estructural del pavimento flexible.

Unidad de observación: Deflexión del pavimento en el tramo de Isoconga (plaza pecuaria) – Llacanora.

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

a) Técnicas de recopilación de información

Medición. Se ha empleado como técnica de registro del levantamiento topográfico para determinar las condiciones geométricas de la vía.

Observación. Está técnica de observación directa se ha aplicado en la investigación al momento de registrar el número de vehículos que pasan por la vía, observados desde la estación de conteo N° 1.

b) Instrumentos de recolección de información

Ficha de toma de datos topográficos

La ficha de toma de datos topográficos es un instrumento utilizado para registrar información detallada sobre las características físicas y geométricas de un terreno.

Figura 14: *Ficha de registro de datos topográficos*

Punto	X	Y	Z	Descripción
1				
2				
3				
4				

Ficha de conteo vehicular

La ficha de conteo vehicular se usa para registrar el número de vehículos que pasan por la vía en estudio. Esta información permite determinar las cargas que el pavimento debe soportar durante su vida útil. En la investigación se ha usado la ficha de conteo vehicular para:

Estimación de cargas de tráfico: Identificar el volumen y tipo de tráfico permite estimar las cargas aplicadas sobre el pavimento, lo cual es fundamental para su diseño y para predecir su comportamiento bajo estas cargas.

Clasificación del tráfico: Diferentes tipos de vehículos ejercen diferentes niveles de presión sobre el pavimento. La clasificación ayuda a ajustar el diseño del pavimento para que resista las condiciones reales de tráfico.

Ficha de ensayos de campo (deflectometría)

La ficha de deflectometría es un instrumento que se usa para medir las deflexiones del pavimento provocadas por una carga aplicada, lo cual es indicativo de la capacidad estructural del pavimento

Figura 15: *Ficha de ensayos de deflectometría*

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO															
REGISTRO DE CAMPO															
Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carqueta Asfáltica															
TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA											Carga Eje:	4100		
CARRIL	: Izquierdo											Presión:	80		
FECHA	: ENERO 2024											Factor Conversión:	4		
														Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL						SEGUNDO DIAL		PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						L ₁	L ₂	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C	
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm								

3.6. Equipos

GPS. Instrumento de mano que, se utiliza para el levantamiento topográfico.

Estación total. Es el equipo topográfico para determinar los puntos fundamentales de la sección vial en todo el trayecto.

Viga Benkelman. De doble brazo relación 4:1 de doble brazo, con su diales correspondientes y calibración vigente.

Vehículo de Carga. Camión volquete (C2) que lleve una carga de 8.2 toneladas igualmente distribuidos en sus ruedas duales en el eje simple posterior, con una presión de inflado de 5.6 kg/cm² (80 psi), las llantas deberán ser de 10" x 20". La distancia entre los puntos medios de rodamiento de ambas llantas de cada rueda debe ser de 32 cm.

Vehículo auxiliar. Medio de transporte de equipos, materiales y personal necesario para la realización de los ensayos en campo.

Odómetro. Debe de tener una lectura aproximada de 30 mm.

Balanza electrónica. Para pesaje del camión (eje trasero 8.2 Tn aproximadamente).

Termómetro. Equipo para medir la temperatura de la carpeta asfáltica.

3.7. Materiales

Pintura para marcar el punto del ensayo y BMS

Cemento

Arena

Varilla de fierro

3.8. Procedimiento

3.8.1. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico se usó estación total, prismas, monturas de prismas y GPS. En el sitio se determinó el punto con mayor grado de visualización para que sea la posición inicial del equipo, luego en sus respectivas posiciones se niveló la estación, encendió y configuró el equipo orientado al norte. Se inició el levantamiento topográfico partiendo del punto radiante hasta que ya no se observe la curva de la carretera, luego se cambió de posición la estación todas las veces que fueron necesarias (Chávarry, 2018).

Procedimiento:

- Se ensambló la estación total sobre el trípode y se niveló correctamente.
- Se colocó el prisma en un punto de referencia y se estableció la convergencia con la estación total.
- Se midieron los ángulos y distancias necesarios para determinar la ubicación de los puntos en la carretera.
- Se establecieron los puntos de interés, como puntos de quiebre, bordes de la carretera, cambios de pendiente, entre otros.
- Se utilizó la cinta métrica y la plomada para tomar algunas medidas manuales que complementarían la información obtenida con la estación total.
- Se registraron todos los datos en la libreta de campo y se georreferenciaron utilizando el GPS.
- Se realizó el procesamiento de los datos para obtener planos detallados de la carretera Cajamarca-San Marcos, tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)-Llacanora.

3.8.2. Estudio de tránsito vehicular

Consistió en ubicar el punto de conteo vehicular en las coordenadas UTM WGS84 17S 781637.75 m E, 9202930.14 m S (Estación 1) en la carretera Cajamarca-San Marcos; tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)-Llacanora. Durante 7 días continuos, las 24 horas del día, se registró el paso de los vehículos. Cada registro fue transferido a la computadora portátil para su posterior análisis. Asimismo, se realizaron anotaciones detalladas en el cuaderno de registro, incluyendo información sobre el tipo de vehículo, hora de paso y dirección de desplazamiento. Además, se implementaron medidas de seguridad como la señalización con conos y el uso de chalecos reflectantes para garantizar la integridad del personal encargado del conteo vehicular. Se tomaban fotografías periódicas como respaldo de la información recopilada.

Una vez completado el período de observación, se procedió a analizar la data obtenida para determinar el flujo vehicular en el tramo de la carretera estudiado, con el objetivo de contribuir a la evaluación del comportamiento estructural del pavimento flexible en dicha zona.

3.8.3. Ensayo de Viga Benkelman

- Se hizo un orificio para medir la temperatura del pavimento antes del ensayo.
- Se marcó el punto del pavimento a ensayar con una línea transversal.
- Se colocó la llanta sobre ese punto alineando al eje vertical del neumático.
- Se colocó la viga perpendicular al eje de carga detrás del camión, ajustando los brazos de medición para que estuvieran en contacto con los diales y con un recorrido de 4 a 6 mm.
- Se giró la circunferencia de los diales hasta que las agujas quedaron en cero y se verificó la lectura.

- Se inició el ensayo moviendo el camión suavemente, leyendo los diales cada 60 s hasta que las lecturas consecutivas no diferían en más de 0.01 mm.
- Después de registradas las lecturas L0 y L25, se hizo avanzar y retroceder el camión para observar la deformación plástica del pavimento entre las llantas de la rueda dual.
- Se marcó la posición de la guía vertical cuando se observó la deformación y se verificó si la acción de la carga afectó los soportes de la viga.

3.8.4. Determinación de la deflexión

a) Deflexión corregida y radio curvatura

Se han utilizado las siguientes ecuaciones:

$$D_0 = \frac{(L_{500}-L_0) \times \text{Factor de conversión}}{(10^{-3} \times \text{espesor pavimento} \times (\text{Temperatura pavimento} - 20)) + 1} \quad (16)$$

$$D_{25} = \frac{|L_1 - L_2| \times \text{Factor de conversión}}{(10^{-3} \times \text{espesor pavimento} \times (\text{Temperatura pavimento} - 20)) + 1} \quad (17)$$

$$R_c = \frac{10 \times 25^2}{2 \times (D_0 - D_{25})} \quad (18)$$

Donde, D_0 deflexión máxima, L-500 y L-0 lecturas del primer dial, L1 y L2 lecturas del segundo dial, R_c radio de curvatura, el factor de conversión fue 4, el factor estacional 1, la temperatura del pavimento 16.60° , el espesor del pavimento 10 cm.

Para la unidad de muestra Km 00+025 m, las ecuaciones se aplicaron de la siguiente forma:

$$D_0 = \frac{(12-0) \times 4}{(10^{-3} \times 10 \times (16.6-20)) + 1} = 50 \quad (19)$$

$$D_{25} = \frac{|0-6| \times 4}{(10^{-3} \times 10 \times (16.6-20)) + 1} = 25 \quad (20)$$

$$R_c = \frac{10 \times 25^2}{2 \times (50-25)} = 126 \quad (21)$$

b) Deflexión promedio

Es el valor medio de todas las mediciones de deflexión tomadas a lo largo de una sección específica del pavimento. Se calcula sumando todas las mediciones de deflexión y dividiéndolas por el número total de mediciones. La deflexión promedio proporciona una idea general del nivel de deformación del pavimento.

$$Dp = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n} \quad (22)$$

$$Dp = 69.90 \times 10^{-2} \text{ mm en lado izquierdo}$$

$$Dp = 61.50 \times 10^{-2} \text{ mm en lado derecho}$$

c) Deflexión característica

Es la deflexión máxima medida dentro de un tramo de pavimento. Esta medida se utiliza para representar la máxima cantidad de deformación que experimenta el pavimento en una sección determinada. La deflexión característica es importante para identificar áreas críticas que puedan requerir reparaciones o mantenimiento.

$$Dc = Dp + t \times \sigma \quad (23)$$

$$Dc = 69.90 + 1.645 \times 29.90 = 119.10 \times 10^{-2} \text{ mm (en lado izquierdo)}$$

$$Dc = 61.50 + 1.645 \times 30.30 = 111.30 \times 10^{-2} \text{ mm (en lado derecho)}$$

d) Deflexión admisible

Es el límite máximo de deflexión permitido para un pavimento en condiciones aceptables de servicio. La deflexión admisible sirve como criterio para evaluar si el pavimento está dentro de los límites aceptables de deformación estructural.

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{1/4} \quad (24)$$

N18 Calculado en el Estudio de Tránsito (ver Anexo).

N18 = 8.676596×10^6 , es el número EE a 8.2 ton, expresado en millones.

$$Da = \left(\frac{1.15}{8.676596} \right)^{1/4} \quad (25)$$

$$Da = 60.34 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

e) Deflexión crítica

Es el nivel de deflexión en el que el pavimento alcanza un estado crítico de deterioro estructural.

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3} \quad (26)$$

$$Dcr = 75.08 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.9. Técnicas e instrumentos de procedimiento

Se han utilizado técnicas de estadística inferencial y descriptiva, que permiten extraer conclusiones significativas a partir de los resultados obtenidos. Los datos han sido organizados, ordenados y presentados en tablas y gráficos elaborados en Microsoft Excel 2022, con el fin de visualizar de manera clara y concisa la información recopilada. Además, se ha llevado a cabo la prueba de hipótesis con el programa Minitab 22, que ha permitido verificar la validez de las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los datos. Esta rigurosa metodología de análisis e interpretación de datos garantiza la confiabilidad y solidez de los resultados obtenidos en la investigación sobre el comportamiento del pavimento flexible en la mencionada carretera.

3.10. Análisis e interpretación de datos

Se ha empleado el procedimiento canadiense y el del Instituto del Asfalto para calcular la Deflexión Recuperable del Pavimento. Esta medida permite evaluar la capacidad de soporte del pavimento ante cargas y tráfico. Además, se ha considerado el Radio de Curvatura brindando información valiosa sobre la calidad y durabilidad del pavimento.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Levantamiento topográfico

Tabla 8: *Progresivas y coordenadas de inicio y fin del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

	Progresiva	Coordenadas UTM WGS84 17S	
		Este (m E)	Norte (m S)
Inicio	km 0+000.00 m	781355.96	9203006.03
Fin	km 3+640.67 m	784395.02	9203857.00

Nota: El tramo pertenece al sistema vial nacional, correspondiente a la carretera longitudinal de la sierra PE-3N.

Tabla 9: *Datos topográficos: BMS del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Punto (BM)	Coordenadas UTM WGS84 17S		
	Este (m E)	Norte (m S)	Altura (msnm)
BM1	781377.273	9203005.29	2629.696
BM2	781904.493	9202938.34	2636.681
BM3	782579.501	9202914.39	2650.058
BM4	783199.084	9202902.97	2637.9
BM5	783670.285	9202937.28	2641.767
BM6	783850.074	9203266.93	2627.967
BM7	784034.033	9203596.75	2603.886
BM8	784313.069	9203775.13	2611.973

Tabla 10: *Cruce con centros poblados en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Progresiva	Coordenadas UTM WGS84 17S		Denominación
	Este (m E)	Norte (m S)	
0+000.00	781356.00	9203006.00	Carretera hacia la Hacienda La Colpa y distrito de Jesús
0+130.00	781486.83	9202967.88	Cruce a la Plaza pecuaria
0+790.00	782144.73	9202932.59	Cruce urbanización Villa Aventura
1+000.00	782348.72	9202927.39	Cruce 2 a urbanización Villa Aventura
1+460.00	782811.16	9202913.38	Desvío 1 al Campamento
2+050.00	783388.89	9202905.94	Distribuidora Norte Pacasmayo
2+100.00	783412.94	9202897.13	Estación de servicios Llacanora
2+620.00	783934.05	9203054.30	Cruce al Bosque Yanamarca
3+270.00	784010.85	9203591.11	Desvío a Llacanora
3+610.00	784305.75	9203766.27	Cruce a Llimbe

Tabla 11: *Características geométricas del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Pavimento	Asfaltado
Ancho promedio de superficie de rodadura (m)	6.60
Velocidad directriz (km/h)	30
Radio mínimo normal (m)	30
Pendiente máxima (%)	12
Pendiente mínima (%)	0.10
Bombeo (%)	2.00

Tabla 12: Elementos de curva del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

N°	Radio	LC	T	Ángulo de deflexión	C	E	M	PC	PT	P.I Este	P.I Norte
PI-1	120	46.99	23.80	022°26'06"	46.69	2.34	2.29	0+154.61	0+201.60	781520.28	9202936.52
PI-2	500	2.31	1.16	000°15'54"	2.31	0.00	0.00	0+379.42	0+381.73	781723.04	9202934.05
PI-3	500	5.63	2.82	000°38'45"	5.63	0.01	0.01	0+414.03	0+419.67	781759.32	9202933.44
PI-4	500	7.96	3.98	000°54'42"	7.96	0.02	0.02	0+604.36	0+612.31	781950.80	9202932.38
PI-5	500	2.76	1.38	000°18'58"	2.76	0.00	0.00	1+030.23	1+032.99	782373.97	9202923.30
PI-6	500	1.79	0.89	000°12'17"	1.79	0.00	0.00	1+437.72	1+439.51	782780.93	9202916.82
PI-7	500	8.01	4.00	000°55'04"	8.01	0.02	0.02	1+827.13	1+835.14	783173.37	9202909.17
PI-8	500	15.39	7.70	001°45'50"	15.39	0.06	0.06	2+040.47	2+055.86	783390.27	9202901.46
PI-9	150	62.70	31.82	023°57'02"	62.25	3.34	3.26	2+227.89	2+290.59	783601.81	9202900.46
PI-10	55	62.93	35.42	065°33'42"	59.56	10.42	8.76	2+577.66	2+640.60	783926.28	9203042.76
PI-11	50	41.58	22.08	047°39'10"	40.40	4.66	4.26	2+712.31	2+753.90	783927.99	9203171.96
PI-12	100	26.91	13.53	015°24'58"	26.82	0.91	0.90	2+800.36	2+827.26	783868.07	9203228.05
PI-13	100	27.85	14.02	015°57'25"	27.76	0.98	0.97	2+886.96	2+914.81	783822.51	9203302.45
PI-14	40	49.09	28.17	070°18'54"	46.07	8.93	7.30	2+960.57	3+009.66	783798.98	9203387.20
PI-15	100	35.11	17.74	020°06'59"	34.93	1.56	1.54	3+066.47	3+101.58	783882.91	9203446.42
PI-16	120	27.88	14.00	013°18'39"	27.82	0.81	0.81	3+142.34	3+170.22	783924.15	9203506.04
PI-17	80	20.17	10.14	014°26'51"	20.12	0.64	0.63	3+218.18	3+238.35	783977.73	9203554.30
PI-18	40	24.06	12.41	034°27'52"	23.70	1.88	1.80	3+254.69	3+278.75	783999.21	9203586.71
PI-19	100	15.88	7.95	009°05'45"	15.86	0.32	0.31	3+311.39	3+327.26	784048.35	9203606.56
PI-20	200	18.72	9.36	005°21'42"	18.71	0.22	0.22	3+435.10	3+453.81	784155.53	9203671.19
PI-21	200	10.19	5.09	002°55'06"	10.19	0.06	0.06	3+582.23	3+592.41	784270.45	9203756.08
PI-22	200	24.28	12.15	006°57'19"	24.26	0.37	0.37	3+616.39	3+640.67	784304.82	9203778.85

4.1.2. Tránsito vehicular en la vía de estudio

Tabla 13: Distribución del tráfico vehicular, IMDA y número de repeticiones EE en el tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

Tipo de vehículos		IMD (veh/día)	Distribución (%)	N° de repeticiones EE	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	720	28.6	242 2429.47	
	Station	255	10.1	848.39	
	Pick Up	518	20.6	1735.34	
	Camionetas	Panel	5	0.2	0.00
		Rural combi	459	18.2	1542.52
	Micro	3	0.1	0.00	
	Bus	2 E	6	0.2	87545.82
		>=3 E	2	0.1	25391.18
VEHÍCULOS PESADOS	Camión	2 E	304	12.1	4436426.89
		3 E	173	6.9	2436974.62
		4 E	4	0.2	82004.42
	Semi tráiler	2S1/2S2	0	0.0	0.00
		2S3	0	0.0	0.00
		3S1/3S2	0	0.0	0.00
		>= 3S3	67	2.7	1568918.72
		2T2	0	0.0	0.00
		2T3	0	0.0	0.00
	Tráiler	3T2	0	0.0	0.00
		>=3T3	1	0.0	32752.14
		TOTAL	2517	100.0	8,676,569.53947

Figura 16: *Composición del tráfico vehicular de acuerdo al tipo de vehículo en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

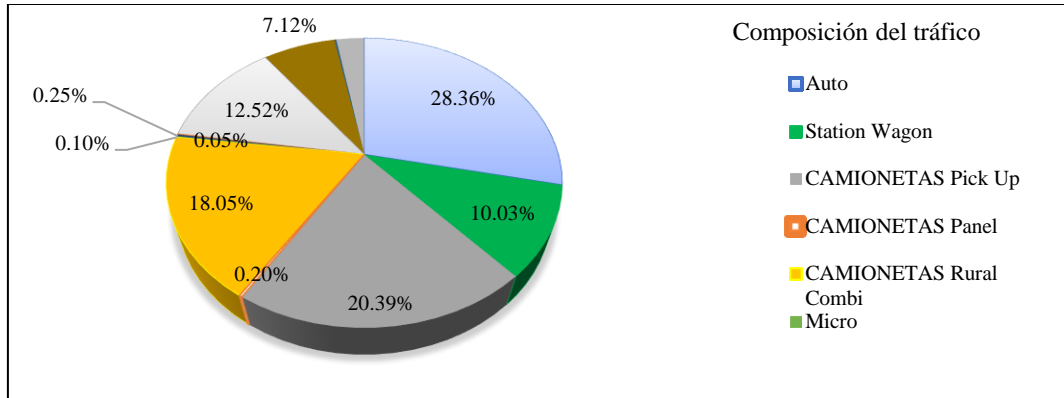


Figura 17: *Clasificación vehicular en el tramo Iscoconga– Llacanora*

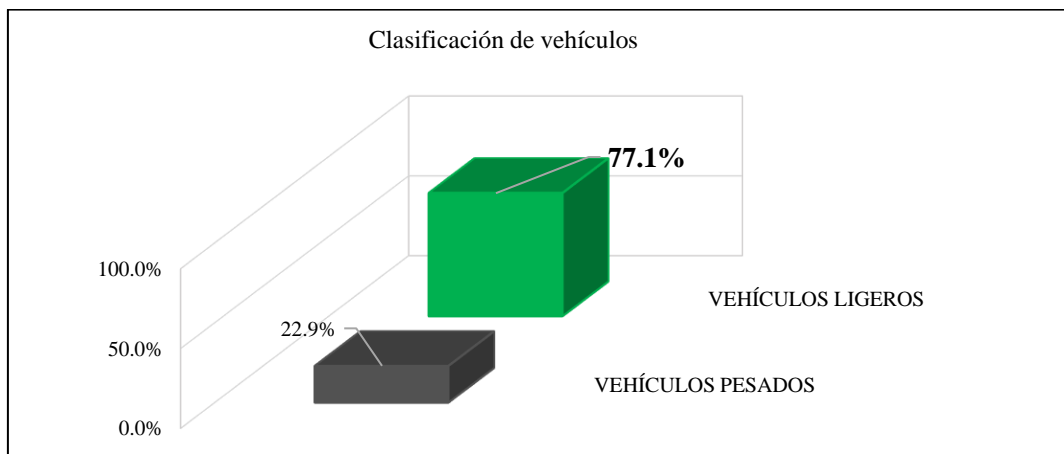


Figura 18: *Número de vehículos diarios en el tramo Iscoconga – Llacanora*

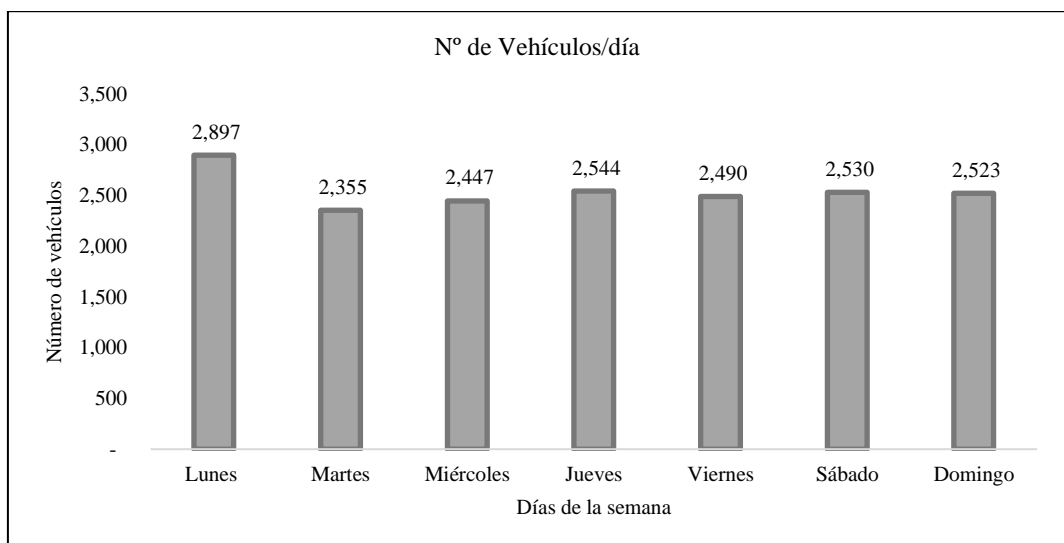


Figura 19: *IMDA en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

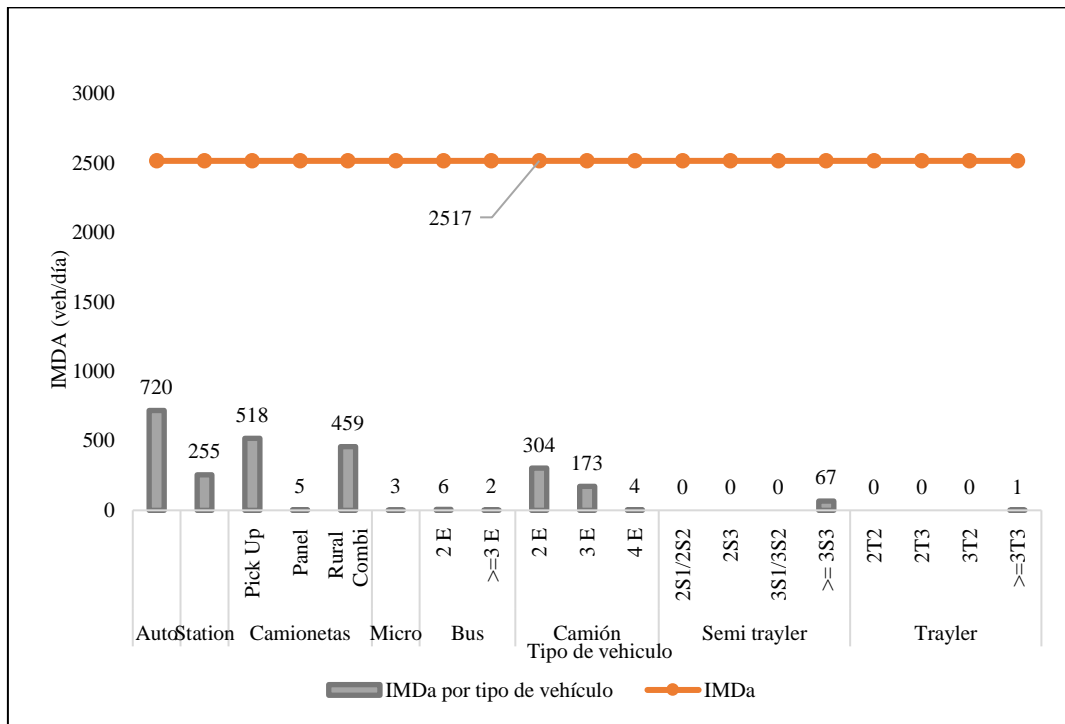
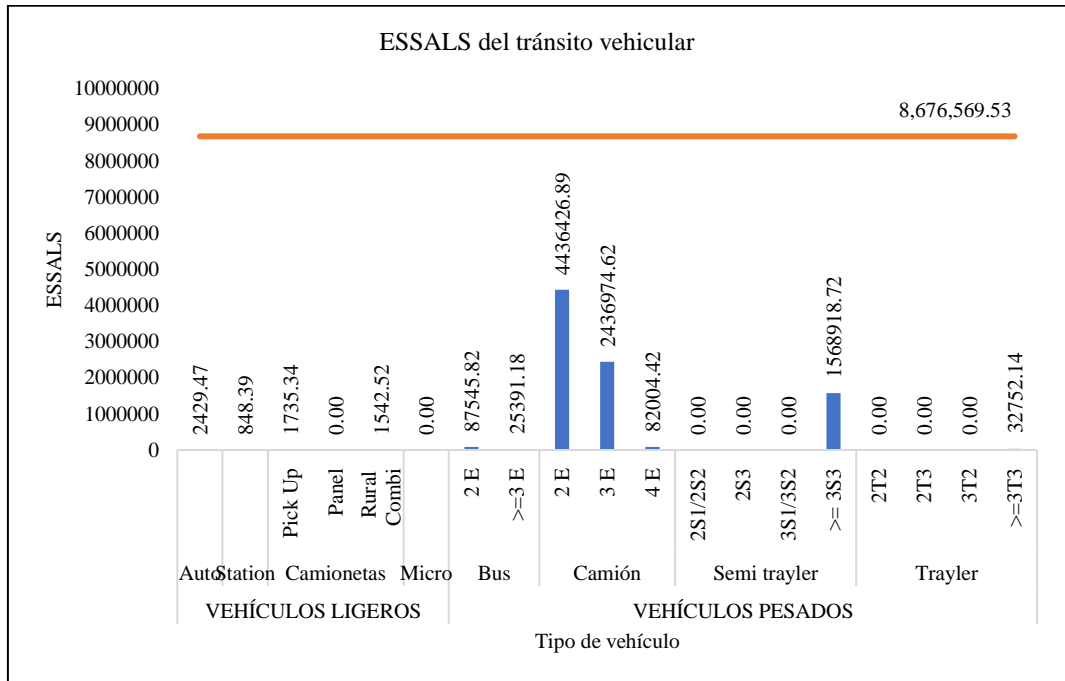


Figura 20: *ESSALS en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*



4.1.3. Deflexiones debido a las cargas actuantes del tráfico

4.1.3.1. Determinación de las deflexiones en el pavimento asfáltico

Tabla 14: *Deflexiones y radio de curvatura del lado izquierdo del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Muestra	Progresiva (km)	Parámetros de evaluación		
		Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)
1	00+025	49.69	24.84	125.78
2	00+075	20.70	12.42	377.34
3	00+125	45.55	20.70	125.78
4	00+175	57.97	28.99	107.81
5	00+225	95.24	49.69	68.61
6	00+275	140.79	74.53	47.17
7	00+325	140.79	82.82	53.91
8	00+375	57.97	33.13	125.78
9	00+425	41.41	20.70	150.94
10	00+475	62.11	33.13	107.81
11	00+525	95.24	49.69	68.61
12	00+575	57.97	28.99	107.81
13	00+625	45.55	24.84	150.94
14	00+675	45.55	24.84	150.94
15	00+725	49.69	20.70	107.81
16	00+775	57.97	28.99	107.81
17	00+825	33.13	16.56	188.67
18	00+875	103.52	53.83	62.89
19	00+925	45.55	24.84	150.94
20	00+975	82.82	41.41	75.47
21	01+025	91.10	45.55	68.61
22	01+075	57.97	28.99	107.81
23	01+125	49.69	24.84	125.78
24	01+175	70.39	37.27	94.34
25	01+225	45.55	24.84	150.94
26	01+275	53.83	33.13	150.94
27	01+325	91.10	45.55	68.61
28	01+375	49.69	24.84	125.78
29	01+425	66.25	33.13	94.34
30	01+475	74.53	37.27	83.85
31	01+525	78.67	33.13	68.61
32	01+575	115.94	57.97	53.91
33	01+625	66.25	33.13	94.34
34	01+675	103.52	49.69	58.05
35	01+725	91.10	49.69	75.47
36	01+775	66.25	33.13	94.34
37	01+825	41.41	24.84	188.67
38	01+875	124.22	66.25	53.91
39	01+925	107.66	53.83	58.05

Muestra	Progresiva (km)	Parámetros de evaluación		
		Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)
40	01+975	136.65	70.39	47.17
41	02+025	109.09	56.57	59.50
42	02+075	60.61	32.32	110.49
43	02+125	68.69	32.32	85.94
44	02+175	76.77	32.32	70.31
45	02+225	44.44	24.24	154.69
46	02+275	109.09	68.69	77.34
47	02+325	84.85	36.36	64.45
48	02+375	72.73	40.40	96.68
49	02+425	64.65	28.28	85.94
50	02+475	92.93	56.57	85.94
51	02+525	96.97	40.40	55.25
52	02+575	44.44	20.20	128.91
53	02+625	76.77	36.36	77.34
54	02+675	48.48	24.24	128.91
55	02+725	44.44	24.24	154.69
56	02+775	32.32	16.16	193.36
57	02+825	52.53	24.24	110.49
58	02+875	32.32	16.16	193.36
59	02+925	36.36	20.20	193.36
60	02+975	52.53	24.24	110.49
61	03+025	48.48	24.24	128.91
62	03+075	32.32	20.20	257.81
63	03+125	28.28	16.16	257.81
64	03+175	32.32	24.24	386.72
65	03+225	48.48	24.24	128.91
66	03+275	76.77	32.32	70.31
67	03+325	117.17	40.40	40.71
68	03+375	68.69	32.32	85.94
69	03+425	137.37	64.65	42.97
70	03+475	64.65	32.32	96.68
71	03+525	113.13	64.65	64.45
72	03+575	56.57	28.28	110.49
N		72.00	72.00	72.00
S		5036.23	2561.69	8235.45
Promedio		69.95	35.58	114.38
Mínimo		20.70	12.42	40.71
Máximo		140.79	82.82	386.72
Desviación estándar		29.87	15.74	65.53
Varianza		892.11	247.61	4293.72
Coeficiente de varianza		42.70	44.23	57.29
Valor característico		119.08	61.46	222.17

Tabla 15: Deflexiones y radio de curvatura del lado derecho del tramo

Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

Muestra	Progresiva (km)	Parámetros de evaluación		
		Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)
1	00+000	62.11	33.13	107.81
2	00+050	33.13	16.56	188.67
3	00+100	37.27	20.70	188.67
4	00+150	33.13	16.56	188.67
5	00+200	24.84	12.42	251.56
6	00+250	74.53	37.27	83.85
7	00+300	157.35	78.67	39.72
8	00+350	124.22	66.25	53.91
9	00+400	57.97	28.99	107.81
10	00+450	49.69	24.84	125.78
11	00+500	62.11	28.99	94.34
12	00+550	66.25	33.13	94.34
13	00+600	41.41	24.84	188.67
14	00+650	24.84	12.42	251.56
15	00+700	53.83	33.13	150.94
16	00+750	33.13	16.56	188.67
17	00+800	45.55	24.84	150.94
18	00+850	57.97	28.99	107.81
19	00+900	140.79	70.39	44.39
20	00+950	107.66	53.83	58.05
21	01+000	78.67	33.13	68.61
22	01+050	82.82	41.41	75.47
23	01+100	62.11	28.99	94.34
24	01+150	57.97	28.99	107.81
25	01+200	82.82	41.41	75.47
26	01+250	45.55	24.84	150.94
27	01+300	99.38	49.69	62.89
28	01+350	41.41	20.70	150.94
29	01+400	49.69	24.84	125.78
30	01+450	45.55	24.84	150.94
31	01+500	49.69	24.84	125.78
32	01+550	49.69	24.84	125.78
33	01+600	45.55	24.84	150.94
34	01+650	41.41	16.56	125.78
35	01+700	49.69	24.84	125.78
36	01+750	128.36	66.25	50.31
37	01+800	28.99	16.56	251.56
38	01+850	41.41	20.70	150.94
39	01+900	99.38	45.55	58.05
40	01+950	37.27	16.56	150.94
41	02+000	62.11	28.99	94.34
42	02+050	36.36	16.16	154.69
43	02+100	36.36	20.20	193.36
44	02+150	40.40	20.20	154.69
45	02+200	24.24	12.12	257.81

Muestra	Progresiva (km)	Parámetros de evaluación		
		Do	D25	Rc
		(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
46	02+250	40.40	24.24	193.36
47	02+300	88.89	40.40	64.45
48	02+350	72.73	36.36	85.94
49	02+400	52.53	28.28	128.91
50	02+450	76.77	32.32	70.31
51	02+500	117.17	56.57	51.56
52	02+550	40.40	20.20	154.69
53	02+600	60.61	32.32	110.49
54	02+650	48.48	24.24	128.91
55	02+700	88.89	44.44	70.31
56	02+750	40.40	24.24	193.36
57	02+800	68.69	32.32	85.94
58	02+850	52.53	20.20	96.68
59	02+900	40.40	20.20	154.69
60	02+950	40.40	20.20	154.69
61	03+000	64.65	32.32	96.68
62	03+050	60.61	28.28	96.68
63	03+100	56.57	28.28	110.49
64	03+150	40.40	24.24	193.36
65	03+200	52.53	24.24	110.49
66	03+250	60.61	28.28	96.68
67	03+300			
68	03+350	48.48	20.20	110.49
69	03+400	24.24	12.12	257.81
70	03+450	56.57	28.28	110.49
71	03+500	105.05	52.53	59.50
72	03+550	68.69	36.36	96.68
73	03+600	157.58	76.77	38.67
N		72.00	72.00	72.00
S		4429.91	2209.10	9022.41
Promedio		61.53	30.68	125.31
Mínimo		24.24	12.12	38.67
Máximo		157.58	78.67	257.81
Desviación estándar		30.26	14.96	55.53
Varianza		915.82	223.68	3083.89
Coeficiente de varianza		49.19	48.74	44.32
Valor característico		111.31	55.28	216.66

Figura 21: Deflexiones del lado izquierdo del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

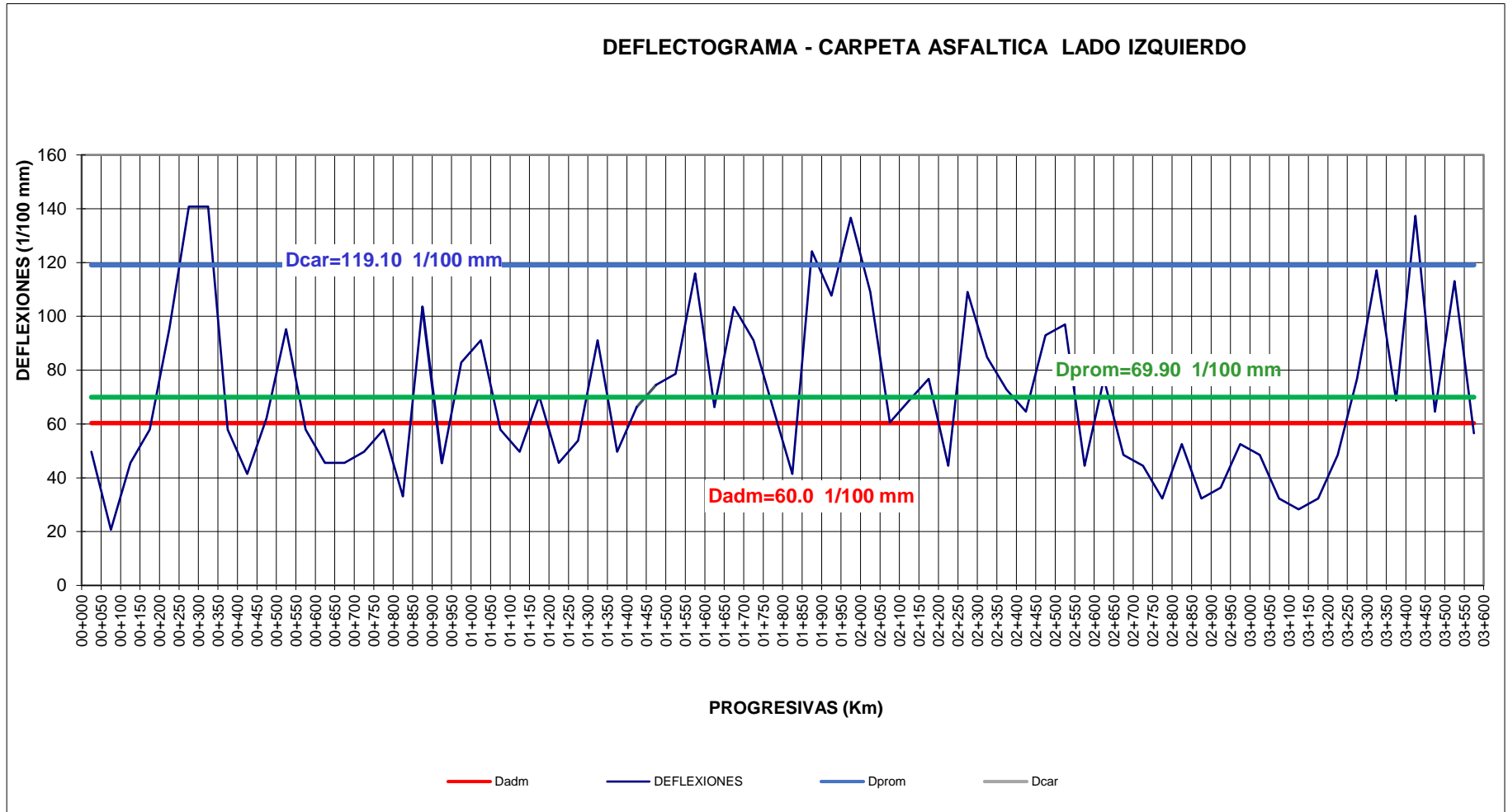


Figura 22: Deflexiones del lado derecho del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

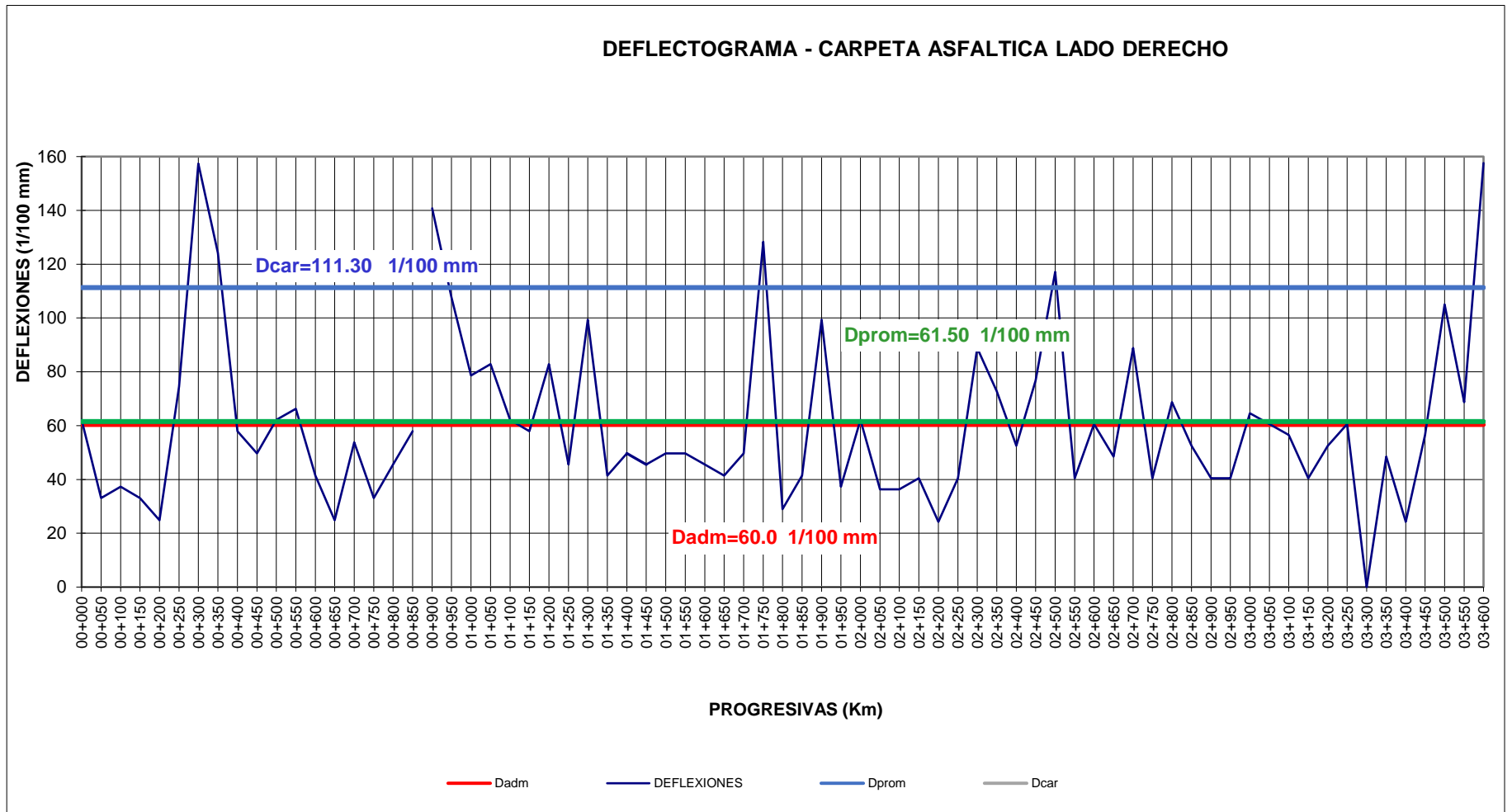


Figura 23: Radio de curvatura del lado izquierdo del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

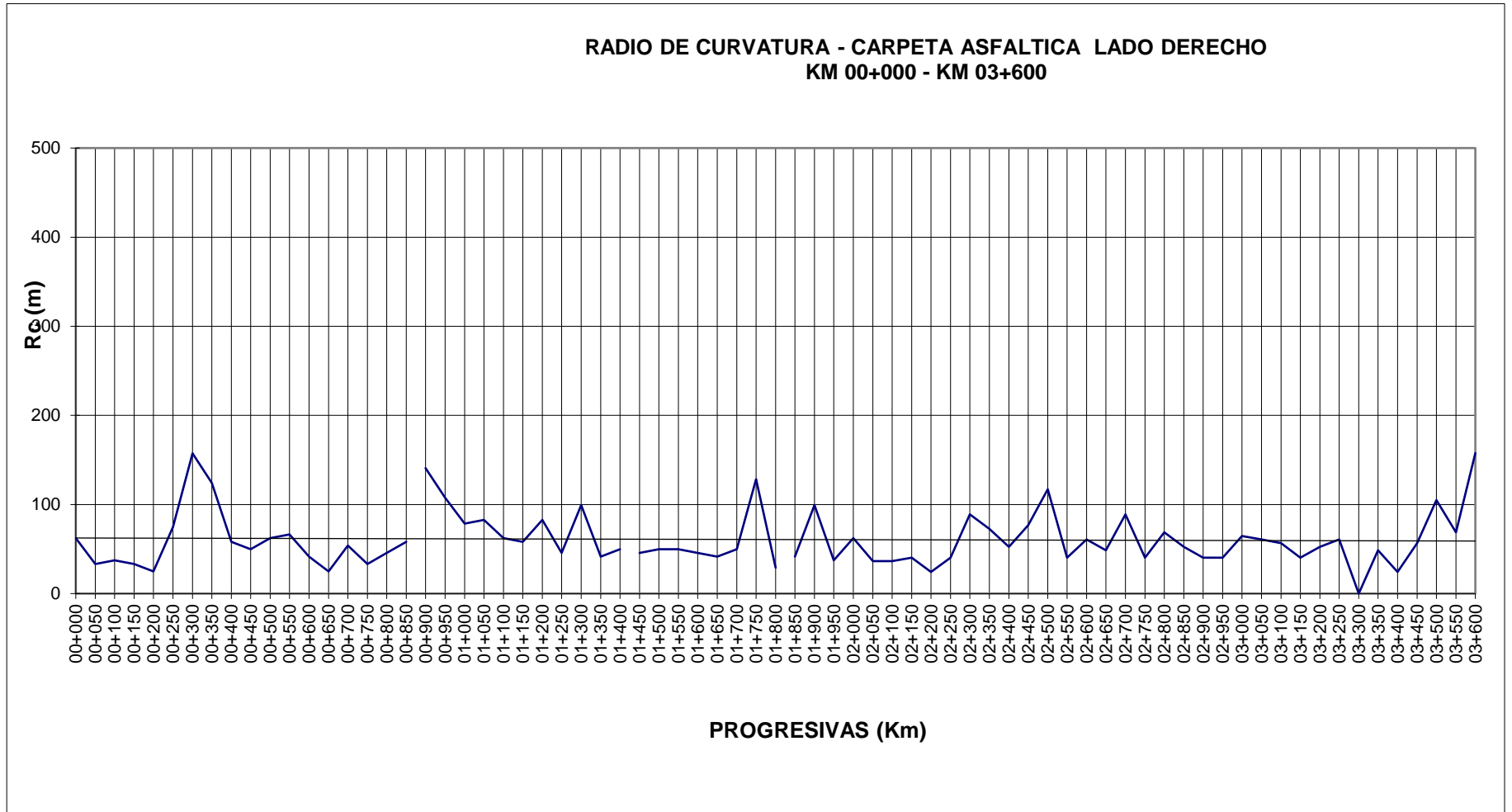
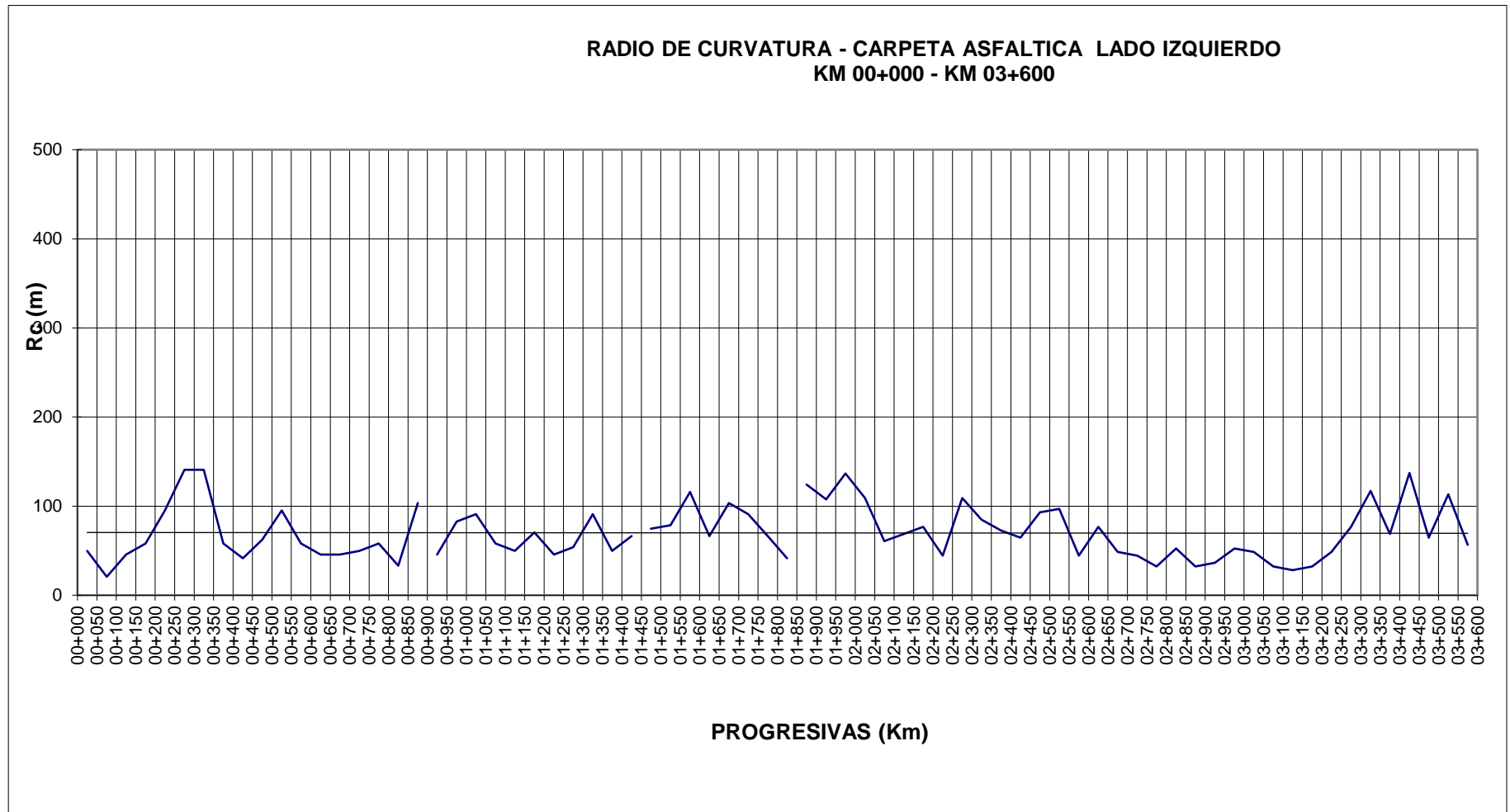


Figura 24: Radio de curvatura del lado derecho del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos



4.1.3.2. Parámetros respecto a la deflexión máxima

Tabla 16: *Parámetros respecto a la deflexión máxima, Do ($\times 10^2$) mm del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Parámetros característicos respecto a la deflexión máxima	Parámetros de evaluación			
	Lado izquierdo		Lado derecho	
	Do (0.01 mm)	Rc (m)	Do (0.01 mm)	Rc (m)
N	72.00	72.00	72.00	72.00
S	5036.23	8235.45	4429.91	9022.41
Promedio (Dp)	69.95	114.38	61.53	125.31
Mínimo	20.70	40.71	24.24	38.67
Máximo	140.79	386.72	157.58	257.81
Desviación estándar (σ)	29.87	65.53	30.26	55.53
Varianza	892.11	4293.72	915.82	3083.89
Coefficiente de varianza (CV)	42.70	57.29	49.19	44.32
Valor característico (Dc)	119.08	222.17	111.31	216.66

4.1.3.3. Condición del pavimento de acuerdo a CONREVI

Tabla 17: *Número de unidades de muestreo de acuerdo al estado de la subrasante, pavimento y calidad estructural del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

Tipo	Condición	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural	Medidas correctivas
I	Bueno	78	80	78	Solo correcciones de superficie
II y III	Regular	0	0	4	Refuerzo
IV	Malo	67	65	63	Reconstrucción

Figura 25: *Comportamiento de la subrasante del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

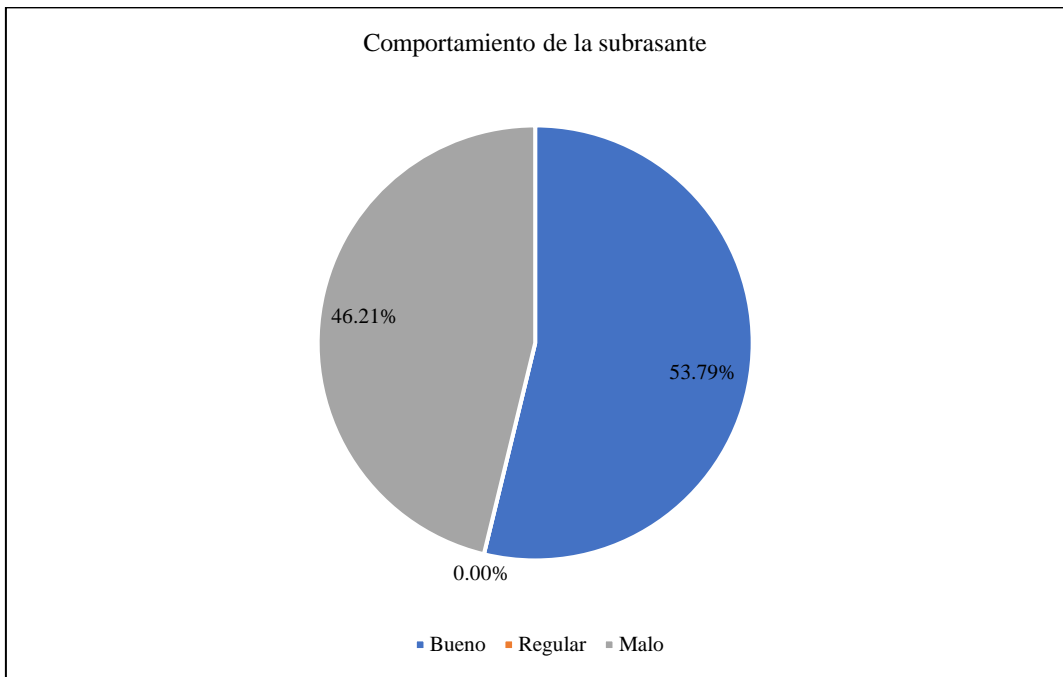


Figura 26: *Comportamiento del pavimento del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos*

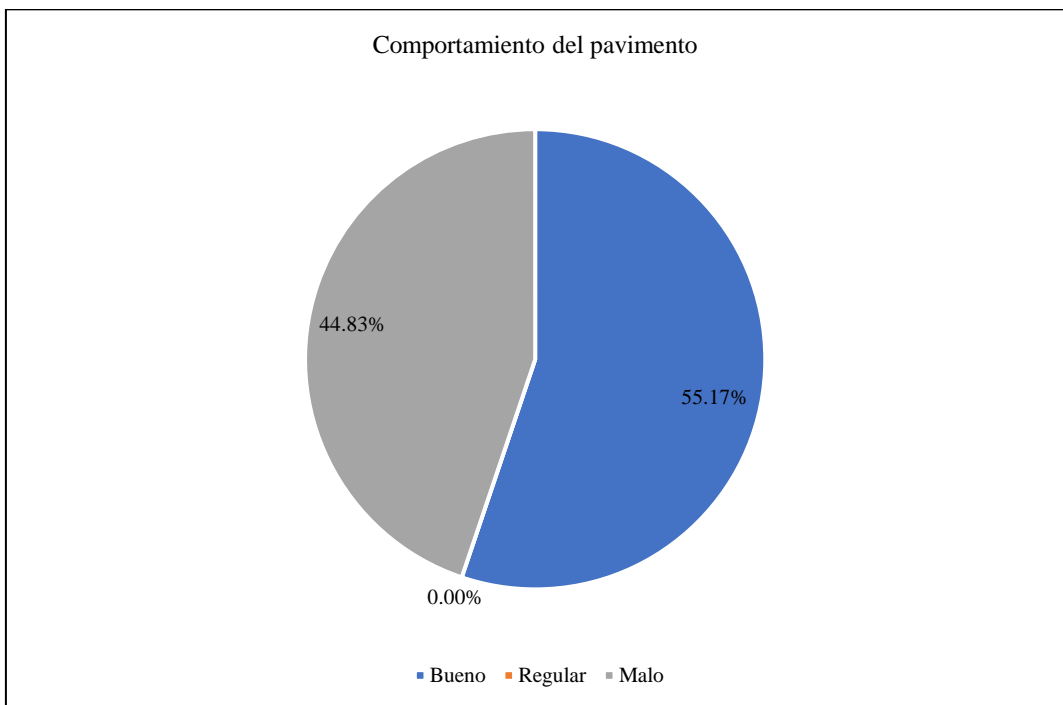


Figura 27: Calidad estructural del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) –
Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

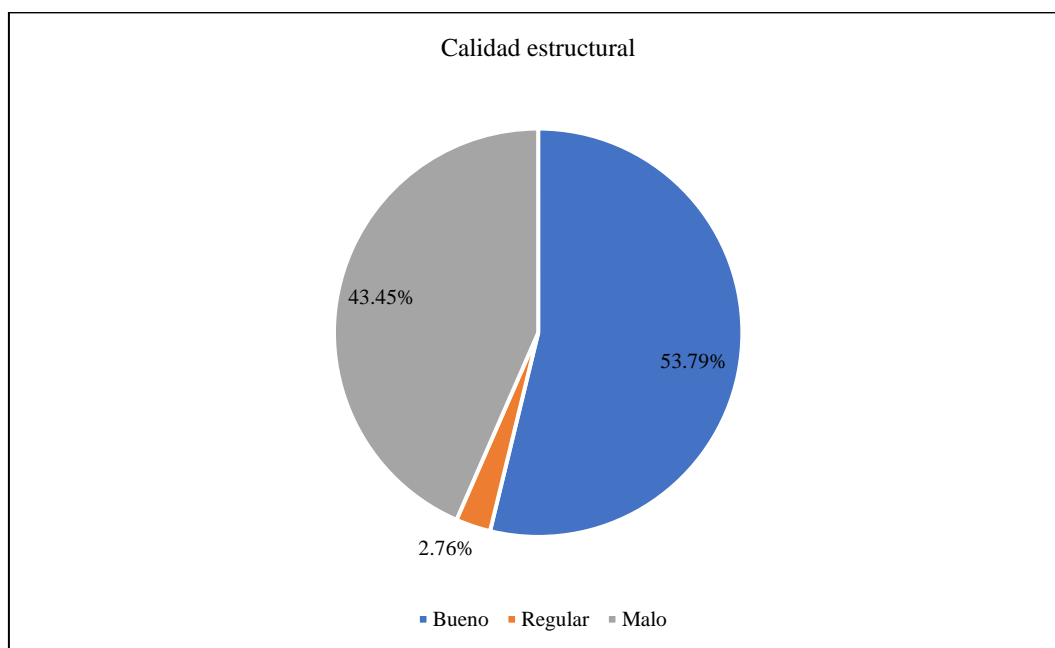


Tabla 18: Condición de la subrasante, pavimento y calidad estructural del
tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San
Marcos

Muestra	Progresiva (km)	Deflexión máxima	Deflexión admisible (x10-2 mm)	Comportamiento de la subrasante	Radio curvatura	Radio de curvatura mínimo (m)	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural
		Do (0.01 mm)			Rc (m)			
1	00+000	62.11	60.34	Malo	107.81	100	Bueno	Regular
2	00+025	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
3	00+050	33.13	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
4	00+075	20.70	60.34	Bueno	377.34	100	Bueno	Bueno
5	00+100	37.27	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
6	00+125	45.55	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
7	00+150	24.84	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
8	00+175	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
9	00+200	24.84	60.34	Bueno	251.56	100	Bueno	Bueno
10	00+225	95.24	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
11	00+250	74.53	60.34	Malo	83.85	100	Malo	Malo
12	00+275	140.79	60.34	Malo	47.17	100	Malo	Malo
13	00+300	157.35	60.34	Malo	39.72	100	Malo	Malo
14	00+325	140.79	60.34	Malo	53.91	100	Malo	Malo

Muestra	Progresiva (km)	Deflexión máxima	Deflexión admisible (x10-2 mm)	Comportamiento de la subrasante	Radio curvatura	Radio de curvatura mínimo (m)	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural
		Do (0.01 mm)			Rc (m)			
15	00+350	124.22	60.34	Malo	53.91	100	Malo	Malo
16	00+375	57.97	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
17	00+400	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
18	00+425	41.41	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
19	00+450	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
20	00+475	62.11	60.34	Malo	107.81	100	Bueno	Regular
21	00+500	62.11	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
22	00+525	95.24	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
23	00+550	66.25	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
24	00+575	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
25	00+600	41.41	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
26	00+625	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
27	00+650	24.84	60.34	Bueno	251.56	100	Bueno	Bueno
28	00+675	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
29	00+700	53.83	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
30	00+725	49.69	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
31	00+750	33.13	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
32	00+775	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
33	00+800	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
34	00+825	33.13	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
35	00+850	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
36	00+875	103.52	60.34	Malo	62.89	100	Malo	Malo
37	00+900	140.79	60.34	Malo	44.39	100	Malo	Malo
38	00+925	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
39	00+950	107.66	60.34	Malo	58.05	100	Malo	Malo
40	00+975	82.82	60.34	Malo	75.47	100	Malo	Malo
41	01+000	78.67	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
42	01+025	91.10	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
43	01+050	82.82	60.34	Malo	75.47	100	Malo	Malo
44	01+075	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
45	01+100	62.11	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
46	01+125	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
47	01+150	57.97	60.34	Bueno	107.81	100	Bueno	Bueno
48	01+175	70.39	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
49	01+200	82.82	60.34	Malo	75.47	100	Malo	Malo
50	01+225	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
51	01+250	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
52	01+275	53.83	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
53	01+300	99.38	60.34	Malo	62.89	100	Malo	Malo
54	01+325	91.10	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
55	01+350	41.41	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
56	01+375	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
57	01+400	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
58	01+425	66.25	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
59	01+450	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
60	01+475	74.53	60.34	Malo	83.85	100	Malo	Malo

Muestra	Progresiva (km)	Deflexión máxima	Deflexión admisible (x10-2 mm)	Comportamiento de la subrasante	Radio curvatura	Radio de curvatura mínimo (m)	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural
		Do (0.01 mm)			Rc (m)			
61	01+500	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
62	01+525	78.67	60.34	Malo	68.61	100	Malo	Malo
63	01+550	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
64	01+575	115.94	60.34	Malo	53.91	100	Malo	Malo
65	01+600	45.55	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
66	01+625	66.25	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
67	01+650	41.41	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
68	01+675	103.52	60.34	Malo	58.05	100	Malo	Malo
69	01+700	49.69	60.34	Bueno	125.78	100	Bueno	Bueno
70	01+725	91.10	60.34	Malo	75.47	100	Malo	Malo
71	01+750	128.36	60.34	Malo	50.31	100	Malo	Malo
72	01+775	66.25	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
73	01+800	28.99	60.34	Bueno	251.56	100	Bueno	Bueno
74	01+825	41.41	60.34	Bueno	188.67	100	Bueno	Bueno
75	01+850	41.41	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
76	01+875	124.22	60.34	Malo	53.91	100	Malo	Malo
77	01+900	99.38	60.34	Malo	58.05	100	Malo	Malo
78	01+925	107.66	60.34	Malo	58.05	100	Malo	Malo
79	01+950	37.27	60.34	Bueno	150.94	100	Bueno	Bueno
80	01+975	136.65	60.34	Malo	47.17	100	Malo	Malo
81	02+000	62.11	60.34	Malo	94.34	100	Malo	Malo
82	02+025	109.09	60.34	Malo	59.50	100	Malo	Malo
83	02+050	36.36	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
84	02+075	60.61	60.34	Malo	110.49	100	Bueno	Regular
85	02+100	36.36	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
86	02+125	68.69	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
87	02+150	40.40	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
88	02+175	76.77	60.34	Malo	70.31	100	Malo	Malo
89	02+200	24.24	60.34	Bueno	257.81	100	Bueno	Bueno
90	02+225	44.44	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
91	02+250	40.40	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
92	02+275	109.09	60.34	Malo	77.34	100	Malo	Malo
93	02+300	88.89	60.34	Malo	64.45	100	Malo	Malo
94	02+325	84.85	60.34	Malo	64.45	100	Malo	Malo
95	02+350	72.73	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
96	02+375	72.73	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
97	02+400	52.53	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
98	02+425	64.65	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
99	02+450	76.77	60.34	Malo	70.31	100	Malo	Malo
100	02+475	92.93	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
101	02+500	117.17	60.34	Malo	51.56	100	Malo	Malo
102	02+525	96.97	60.34	Malo	55.25	100	Malo	Malo
103	02+550	40.40	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
104	02+575	44.44	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
105	02+600	60.61	60.34	Malo	110.49	100	Bueno	Regular
106	02+625	76.77	60.34	Malo	77.34	100	Malo	Malo

Muestra	Progresiva (km)	Deflexión máxima	Deflexión admisible (x10-2 mm)	Comportamiento de la subrasante	Radio curvatura	Radio de curvatura mínimo (m)	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural
		Do (0.01 mm)			Rc (m)			
107	02+650	48.48	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
108	02+675	48.48	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
109	02+700	88.89	60.34	Malo	70.31	100	Malo	Malo
110	02+725	44.44	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
111	02+750	40.40	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
112	02+775	32.32	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
113	02+800	68.69	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
114	02+825	52.53	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
115	02+850	52.53	60.34	Bueno	96.68	100	Malo	Bueno
116	02+875	32.32	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
117	02+900	40.40	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
118	02+925	36.36	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
119	02+950	40.40	60.34	Bueno	154.69	100	Bueno	Bueno
120	02+975	52.53	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
121	03+000	64.65	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
122	03+025	48.48	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
123	03+050	60.61	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
124	03+075	32.32	60.34	Bueno	257.81	100	Bueno	Bueno
125	03+100	56.57	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
126	03+125	28.28	60.34	Bueno	257.81	100	Bueno	Bueno
127	03+150	40.40	60.34	Bueno	193.36	100	Bueno	Bueno
128	03+175	32.32	60.34	Bueno	386.72	100	Bueno	Bueno
129	03+200	52.53	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
130	03+225	48.48	60.34	Bueno	128.91	100	Bueno	Bueno
131	03+250	60.61	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
132	03+275	76.77	60.34	Malo	70.31	100	Malo	Malo
133	03+300		60.34	Bueno		100	Malo	Bueno
134	03+325	117.17	60.34	Malo	40.71	100	Malo	Malo
135	03+350	48.48	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
136	03+375	68.69	60.34	Malo	85.94	100	Malo	Malo
137	03+400	24.24	60.34	Bueno	257.81	100	Bueno	Bueno
138	03+425	137.37	60.34	Malo	42.97	100	Malo	Malo
139	03+450	56.57	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
140	03+475	64.65	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
141	03+500	105.05	60.34	Malo	59.50	100	Malo	Malo
142	03+525	113.13	60.34	Malo	64.45	100	Malo	Malo
143	03+550	68.69	60.34	Malo	96.68	100	Malo	Malo
144	03+575	56.57	60.34	Bueno	110.49	100	Bueno	Bueno
145	03+600	157.58	60.34	Malo	38.67	100	Malo	Malo
N		144.00			144.00			
S		9457.86			17257.86			
Promedio		65.68	60.34	Malo	119.85	100	Bueno	Regular
Mínimo		20.70	60.34	Bueno	38.67	100	Malo	Bueno
Máximo		157.58	60.34	Malo	386.72	100	Bueno	Regular
Desviación estándar		30.33			60.77			
Varianza		919.75			3693.08			

Muestra	Progresiva (km)	Deflexión máxima <hr/> Do (0.01 mm)	Deflexión admisible (x10-2 mm)	Comportamiento de la subrasante	Radio curvatura <hr/> Rc (m)	Radio de curvatura mínimo (m)	Comportamiento del pavimento	Calidad estructural
Coeficiente de varianza		46.17			50.71			
Valor característico		115.57	60.34	Malo	219.81	100	Bueno	Regular

Figura 28: Deflexión máximo del pavimento asfáltico del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos

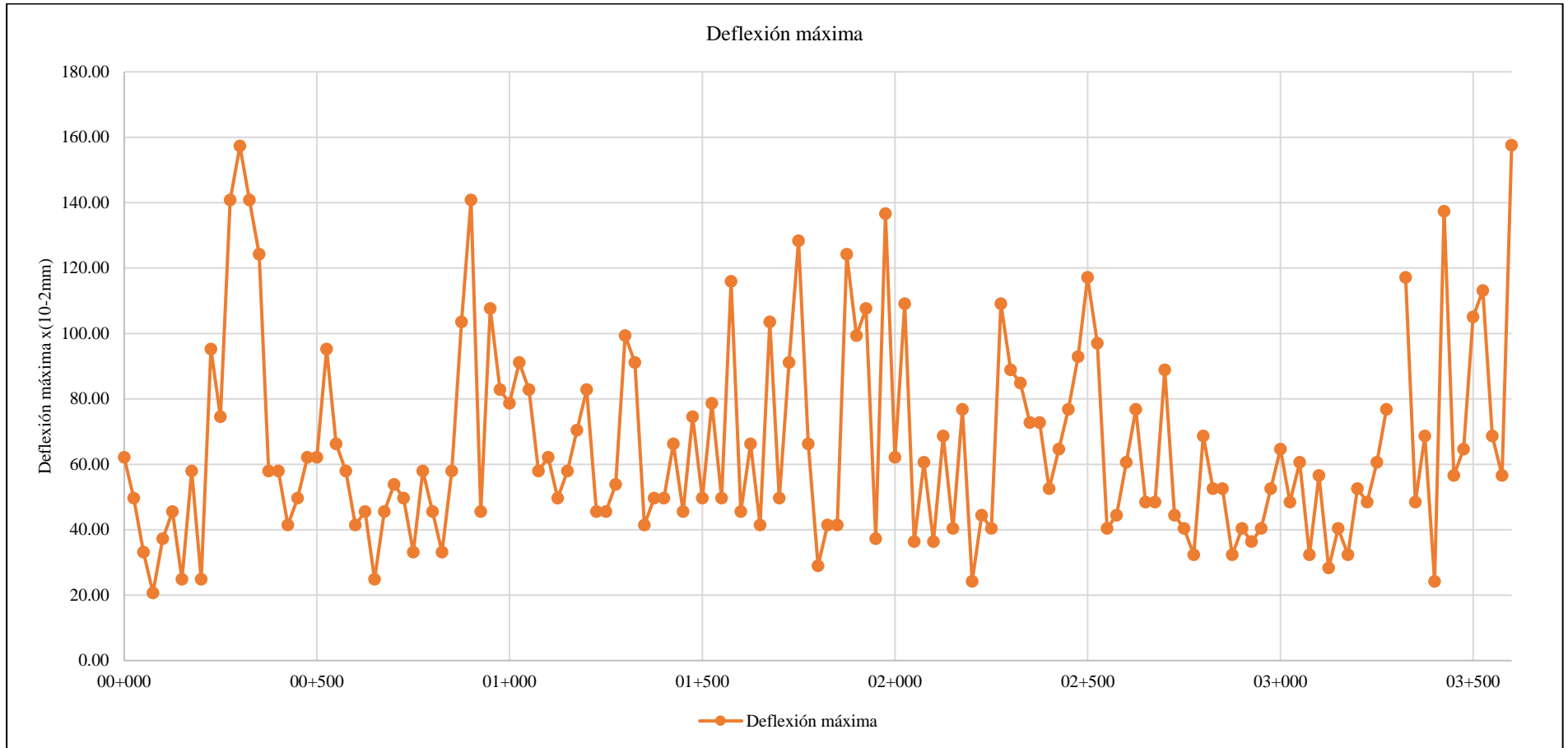
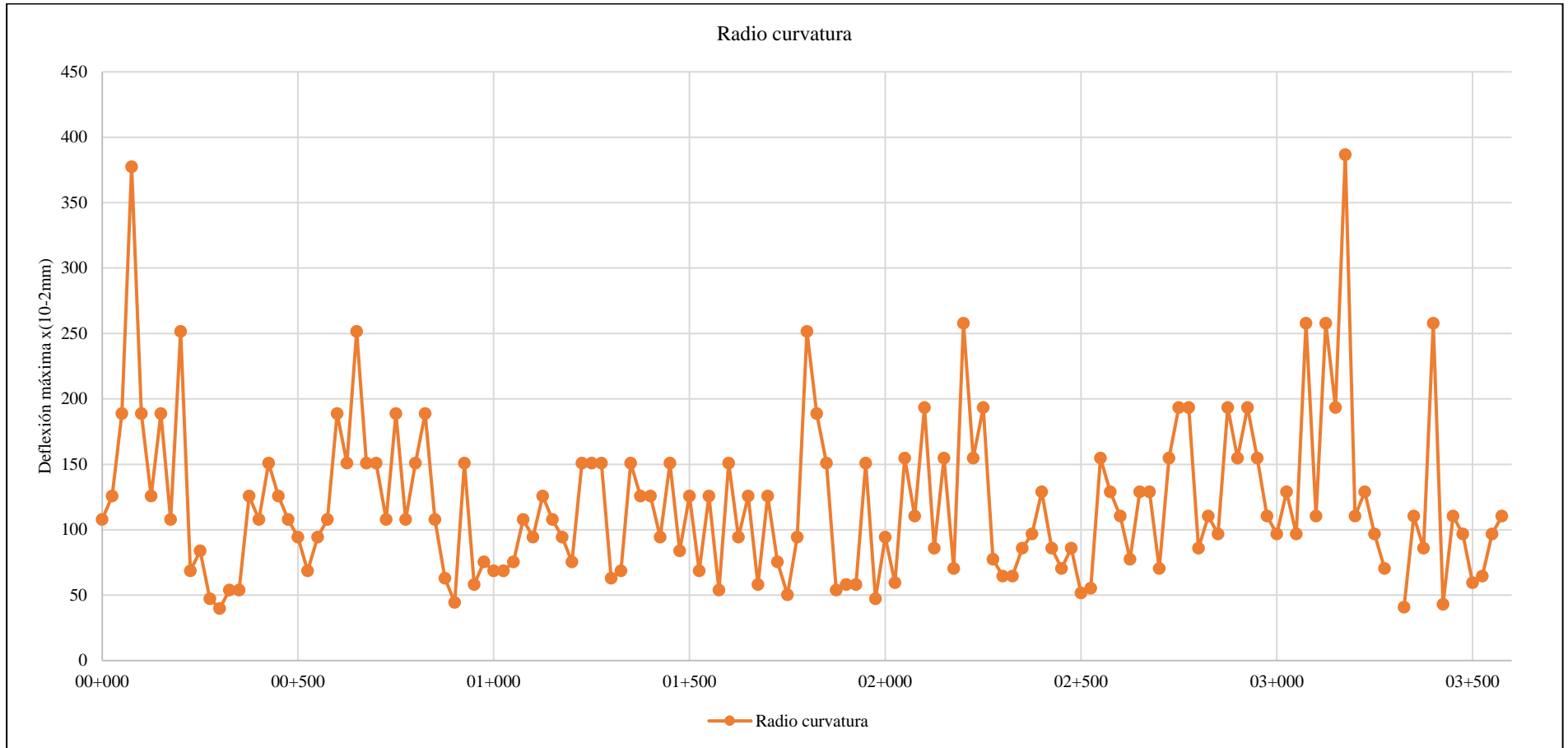


Figura 29: Radio de curvatura del pavimento asfáltico del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos



4.1.4. Estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo del pavimento flexible

Tabla 19: Estrategias de mantenimiento preventivo del pavimento flexible

Estrategia de mantenimiento	Descripción
Sellado de grietas	Aplicación de selladores para prevenir infiltración en las grietas, evitando la formación de baches y la erosión de la capa asfáltica debido a la humedad constante.
Drenaje eficiente	Cunetas, alcantarillas y sistemas de drenaje limpio para garantizar un adecuado drenaje de agua de lluvia
Refuerzo de capa de rodadura	Aplicación de capas de sello asfáltico para reforzar la capa de rodadura y mejorar su resistencia al desgaste provocado por las lluvias y el tráfico vehicular.
Aplicación periódica de selladores	Aplicación regular de selladores en la superficie del pavimento para protegerlo de la humedad y prevenir el agrietamiento prematuro.
Mantenimiento regular de drenajes	Limpieza y mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje para asegurar un buen drenaje del agua y evitar acumulaciones dañinas.
Control de vegetación	Mantenimiento de áreas adyacentes al pavimento para controlar el crecimiento de vegetación que pueda obstruir los sistemas de drenaje y causar daños al pavimento.
Monitoreo y evaluación regular	Inspecciones periódicas para identificar daños incipientes y evaluar el estado del pavimento, permitiendo una intervención temprana.

Tabla 20: Estrategias de mantenimiento correctivo del pavimento flexible

Estrategia de mantenimiento	Descripción
Reparación de Baches	Relleno y compactación de baches existentes para restaurar la superficie del pavimento y evitar daños mayores debido al tráfico y la humedad.
Fresado y Recapeo	Remoción de la capa deteriorada del pavimento seguido de la aplicación de una nueva capa asfáltica para restaurar la resistencia y nivelación del pavimento.
Refuerzo Estructural	Aplicación de técnicas como el refuerzo con geo sintéticos para mejorar la capacidad estructural del pavimento y evitar deformaciones excesivas en áreas con bajos radios de curvatura.
Corrección de Deflexiones Excedidas	Realización de trabajos de nivelación y corrección en áreas donde la deflexión del pavimento excede la admisible según el ensayo de Viga Benkelman, para restablecer su estabilidad estructural.
Mejora de la compactación del suelo subyacente	Intervención para mejorar la compactación y estabilidad del suelo subyacente, evitando asentamientos y deformaciones en el pavimento.
Aplicación de técnicas de estabilización del suelo	Utilización de técnicas de estabilización del suelo, como inyecciones de cemento.
Reemplazo de capas dañadas o desgastadas	Remoción y reemplazo de capas del pavimento que estén dañadas o desgastadas, garantizando una superficie más duradera y resistente.

4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Las características topográficas del tramo Iscocongá – Llacanora de longitud de 3+640.67 que se recorre en 15 minutos, a velocidad promedio de 27.6 km/h (Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 12) se han registrado ocho puntos BMS a lo largo de la carretera y se han identificado 10 cruces, de los cuales tres son principales, por lo que, tal como argumenta Quito (2019) podrían impactar en el tránsito vehicular y esto a su vez afectar las condiciones del pavimento asfáltico de la vía. Esto porque, muchos de los esfuerzos producidos en la estructura del pavimento flexible se dan debido a las cargas vehiculares. Esto se ve reflejado en

las fisuras, agrietamiento, baches por el desgaste y erosión de la capa de asfalto que se observan en la carretera. Según Rojas (2019) el deterioro de la estructura del pavimento se da por el paso del tiempo, el tránsito vehicular y otros factores que influyen en el desgaste de la superficie de rodadura. Pero, de acuerdo a Jiang et al. (2023) la detección y reparación temprana de problemas en la capa de rodadura pueden evitar daños mayores en la infraestructura vial.

De acuerdo a la Tabla 12 el tramo se ha diseñado considerando elementos clave para la seguridad y eficiencia del transporte. Las 22 curvas con radios mayores a 30 m garantizan una circulación segura y suave, evitando giros bruscos. La planta y perfil de la vía se muestran en los planos:

- Planta general del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos (ver anexos).
- Perfil del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, carretera Cajamarca-San Marcos (ver anexos).

Sin embargo, si bien la carpeta asfáltica de 10 cm de espesor soporta bien el tráfico vehicular constante, con un ancho promedio de 6.60 m que facilita el flujo vehicular y maniobras de sobrepaso; la capa de rodadura muestra fisuras, agrietamiento y baches debido al desgaste, por lo que fue necesario evaluar su comportamiento estructural con el ensayo de viga Benkelman.

Debido a que, el tramo Iscoconga– Llacanora está dentro de la carretera 3N, ruta principal que conecta a la sierra norte con la costa peruana, hay un alto nivel de tráfico vehicular (Tabla 13) que genera cargas significativas que deben ser resistidas por la capa de rodadura; en cambio, De La Cruz & Huamán (2023) determinaron un tráfico vehicular menor en las avenidas Mansiche y Jesús Nazareth de Trujillo; pero, la distribución vehicular del tramo Iscoconga (Plaza

Pecuaria) – Llacanora se asemeja a los datos encontrados por Quito (2019), debido a que ambos estudios se han desarrollado en la región de Cajamarca; además, tal como, en el estudio De La Cruz & Huamán (2023) resaltan que, el día lunes por ser el inicio de los días laborales de la semana, lleva a que se identifique un mayor tráfico vehicular.

En el tramo Iscoconga – Llacanora el número de repeticiones EE del tránsito es 8,676,569,539.47 e índice de tránsito vehicular diario (IMDA) de 2517 veh/día, de los cuales el 77.1% y 22.9% son vehículos ligeros y pesados, siendo el día lunes el día con mayor tránsito (Tabla 13, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20).

En el tramo de estudio gran parte del tránsito vehicular es pesado. Bhandari et al. (2023), resaltan que el tráfico vehicular pesado puede tener un impacto significativo en la durabilidad de los pavimentos flexibles, especialmente en zonas con altos niveles de circulación. En este sentido, el aforo vehicular del tramo Iscoconga – Llacanora resaltaba la necesidad de evaluar la capacidad estructural del pavimento flexible por medio del ensayo de viga Benkelman.

Respecto, al radio de curvatura cuando mayor sea este, mayor será la rigidez del pavimento, por tanto, de acuerdo al radio de curvatura del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) - Llacanora (Tabla 14 y Tabla 15) el comportamiento del pavimento es adecuado, tal como, determinó Melchor (2023) para el pavimento, no obstante, el mismo autor recalca la importancia de analizar el escenario completo, es decir no solo el radio de curvatura, sino también las deflexiones características, para tener una proyección adecuada.

Respecto, a las deflexiones características, la deflexión promedio máxima (Do) en el lado izquierdo y derecho del tramo Iscoconga– Llacanora es igual a

69.95 y 61.53×10^{-2} mm, con radios de curvatura de 114.38 y 125.31 m (Tabla 14, Tabla 15, Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24).

Los parámetros de deflexión máxima del tramo han sido detallados en la Tabla 15. Estos parámetros se determinaron mediante el cálculo de las ecuaciones de deflexión promedio en el lado izquierdo (69.95×10^{-2} mm) y derecho (61.53×10^{-2} mm), deflexión característica en el lado izquierdo (119.08×10^{-2} mm) y derecho (111.31×10^{-2} mm), deflexión admisible (60.34×10^{-2} mm) y deflexión crítica (75.08×10^{-2} mm) (Tabla 16).

En promedio la deflexión admisible, máximo valor de deflexión permitido en el pavimento antes de que se considere necesario realizar reparaciones, fue 60×10^{-2} mm (Tabla 18), valor que era notablemente superado en muchos de las secciones analizadas del tramo por lo que, el comportamiento de la subrasante es malo.

El comportamiento estructural del pavimento flexible del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)- Llacanora regular (Tabla 18) es regular, tal como, en el estudio de Jinchuña (2020) y Fernandez (2020), quienes concuerdan que aquellos tramos con mayor tránsito vehicular son los que presentan mayor desgaste en la capa de rodadura. Pero también, concuerda con Flores (2023) quien argumenta que, si bien la capa superficial del pavimento flexible puede mostrar deflexiones bajas, sí el suelo que soporta a las capas (subrasante) tiene un mal comportamiento, el pavimento flexible requerirá mantenimiento en lapsos más cortos; en otras palabras, argumenta que, el suelo influye sustancialmente en el estado y durabilidad del pavimento vial.

Enriquita (2021) también destaca la importancia de considerar tanto el estado del pavimento como de la subrasante para garantizar la integridad

estructural de la vía en su totalidad. En ese sentido, el análisis de deflexiones del pavimento flexible en el tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora reveló que el 53.79% del pavimento presenta un comportamiento estructural considerado bueno; mientras que el 43.45% del pavimento muestra un comportamiento deficiente, por lo que, algunos tramos son críticos.

Estos resultados son consistentes con la literatura existente sobre deflexión del pavimento flexible. Investigaciones previas (Sanjay et al., 2022) han demostrado que las deflexiones máximas por encima de ciertos valores indican un comportamiento deficiente de la subrasante, mientras que valores favorables de los radios de curvatura sugieren una buena calidad del pavimento de acuerdo al método CONREVIAL. Además, según Adigopula et al. (2022), el análisis de deflexiones del pavimento resulta fundamental para identificar problemas potenciales en la estructura vial y tomar medidas preventivas a tiempo.

El tramo Iscocongá – Llacanora tiene un comportamiento de subrasante malo, comportamiento de pavimento bueno y la calidad estructural es regular, por lo que, las medidas correctivas van desde solo la corrección de superficie hasta el refuerzo o reconstrucción del pavimento (Tabla 17, Tabla 18, Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29).

Los tramos críticos identificados se encuentran en las ubicaciones 0+225 a 0+350, 0+950 a 1+075, 1+725 a 1+775, 2+275 a 2+375, y 3+475 a 3+600. En estos tramos se requiere reforzar estructuralmente la vía, tanto en la calzada derecha e izquierda, como Carrasco & Vizhñay (2019) que propusieron reforzar el pavimento con espesores de 1” a 3”, y Roncal & Tello (2022) que propusieron refuerzo asfáltico de 0.12 y 128.1 mm para el carril derecho e izquierdo.

Por tanto, el pavimento aún no ha cumplido su tiempo final de servicio, por lo que, puede seguir funcionando previo reforzamiento estructural en los tramos críticos.

Se debe implementar medidas de rehabilitación y mantenimiento en los tramos identificados como críticos, con el fin de mejorar la durabilidad y seguridad de la infraestructura vial. Estas estrategias de mantenimiento preventivo del pavimento flexible se detallan en la Tabla 19 y Tabla 20. También, es importante destacar la importancia de continuar monitoreando la vía para garantizar la eficiencia y calidad de la carretera a lo largo del tiempo. En este sentido, según Roncal & Tello (2022), la evaluación periódica del comportamiento del pavimento es fundamental para identificar posibles problemas y definir acciones correctivas de forma oportuna.

4.3. Contrastación de hipótesis

Después de analizar los datos de deflexión máxima (D_0) y radio de curvatura (R_c) de la Tabla 18, se procedió a verificar si seguían una distribución normal. Este paso es fundamental para asegurar la validez de las pruebas estadísticas aplicadas. Una vez confirmada la normalidad de los datos por el método Shapiro-Wilk, se aplicó la prueba paramétrica t-student para evaluar si la hipótesis alternativa (H_1) podía ser aceptada o rechazada en comparación con la hipótesis nula (H_0).

La interpretación de los resultados se basó en el valor de probabilidad (p-value) obtenido de la prueba t-student. Cuando el valor p es menor que el nivel de significancia establecido (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Este criterio se utiliza para determinar la influencia significativa de las variables en estudio.

Por lo tanto, al examinar los resultados de la prueba para la deflexión máxima (D_0) y el radio de curvatura (R_c) en la Tabla 18 se observó que el comportamiento de la subrasante, evaluado a través de D_0 , mostraba un nivel de calidad deficiente. Esto se confirmó debido a que el valor p obtenido fue de 0.020, que es menor que el nivel de significancia de 0.05 (Tabla 21).

Por otro lado, el análisis del comportamiento del pavimento, evaluado mediante el radio de curvatura, reveló un nivel de calidad aceptable. Esto se evidenció con un valor p de 1.000, que superó el nivel de significancia establecido (Tabla 21).

Solo se puede aceptar parcialmente la hipótesis alternativa de estudio “El pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora presenta actualmente un mal comportamiento estructural ($D_0 >$ deflexión admisible e $R_c <$ radio de curvatura mínimo)”, debido a que, si bien el radio de curvatura presenta buen comportamiento, el análisis de la deflexión indica un mal comportamiento del pavimento flexible en base a los criterios de CONREVIAl descritos por Cubas (2017), por lo que, se puede calificar el comportamiento del pavimento flexible del tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) – Llacanora como regular calidad.

Finalmente, el comportamiento estructural del pavimento flexible en el tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria) - Llacanora de la carretera Cajamarca-San Marcos se clasifica como regular en base a los resultados obtenidos en el estudio de deflectometría con viga Benkelman. Esto indica que, si bien no se observaron problemas graves, tampoco se encontraron condiciones óptimas, lo que sugiere la necesidad de monitoreo continuo y posibles acciones de mantenimiento preventivo.

Tabla 21: *Prueba de hipótesis t-student*

Ho: El pavimento flexible presenta actualmente un buen comportamiento estructural ($Do \leq$ deflexión admisible e $Rc \geq$ radio de curvatura mínimo).

H1: El pavimento flexible presenta actualmente un mal comportamiento estructural ($Do >$ deflexión admisible e $Rc <$ radio de curvatura mínimo).

	Hipótesis	Valor T	Valor p
Deflexión máxima (Do)	H1: $Do > 60.34$	2.07	0.020**
Radio de curvatura (Rc)	H1: $Rc < 100$	3.98	1.000*

Nota: ** se acepta la hipótesis alternativa (H1), * se rechaza H1.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 1) El pavimento flexible del tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)- Llacanora presenta un comportamiento estructural en regular calidad, siendo los tramos críticos de km 0+225 m a km 0+350 m, de km 0+950 m a km 1+075 m, de km 1+725 m a km 1+775 m, de km 2+275 m a km 2+375 m, y de km 3+475 m km a 3+600 m.
- 2) El tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) - Llacanora, perteneciente a la carretera Cajamarca-San Marcos, abarca desde las coordenadas 781356.00 m E, 9203006.00 m S hasta 784395.00 m E, 9203857.00 m S, con una longitud total de Km 3+640.67 m. Durante el análisis, se consideraron las características de 22 curvas distribuidas a lo largo de la capa de rodadura asfaltada, la cual tiene un ancho promedio de 6.60 m. Estas curvas presentan un radio mínimo normal de 30 m, una pendiente mínima de 0.10%, y un bombeo del 2%.
- 3) El tráfico vehicular en el tramo de estudio es clasificado como tipo 9 (TP9) con un índice de tránsito vehicular diario (IMDA) de 2517 vehículos, siendo el día lunes el de mayor tránsito con 2,897 vehículos. Alcanzando el número de repeticiones EE del tránsito es 8,676,569.53.
- 4) La deflexión máxima promedio (D_o) en el lado izquierdo y derecho fue de 69.95 y 61.53×10^{-2} mm, respectivamente, siendo la deflexión máxima promedio en todo el tramo en estudio 65.68×10^{-2} mm, superando la deflexión admisible de 60.34×10^{-2} mm. En cambio, los radios de curvatura promedio en el lado izquierdo y derecho fueron 114.38 y 125.31 m, respectivamente, siendo mayores a 100 m.
- 5) Se han propuesto medidas de mantenimiento correctivo para los tramos críticos del pavimento flexible en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora, tales

como, reparación de baches, fresado y recapeo, refuerzo estructural y remplazo de capas dañadas; mientras que, en el resto de la vía se han propuesto implementar medidas preventivas, tales como, sellado de grietas, refuerzo de la capa de rodadura, drenaje eficiente, monitoreo y evaluación regular.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios del clima y las condiciones meteorológicas en el comportamiento del pavimento vial, considerando factores como la variación de temperatura, la humedad y la precipitación.
- En futuras investigaciones comparar diferentes métodos de evaluación del comportamiento estructural del pavimento flexible, incluyendo ensayos no destructivos como la deflectometría y métodos de laboratorio, para determinar la eficacia y precisión de cada técnica.
- En otros estudios se recomienda analizar el efecto del tráfico vehicular y las cargas aplicadas sobre el pavimento flexible en diferentes periodos de tiempo, con el fin de entender cómo estos factores influyen en su degradación y desempeño a largo plazo.
- Investigar la aplicación de nuevas tecnologías y materiales innovadores para rehabilitar pavimentos, con el objetivo de mejorar su resistencia, durabilidad y sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adigopula, V. K., Bogireddy, C., & Guzzarlapudi, S. D. (2022). Comparison of Overlay Design in Between Lightweight Deflectometer and Benkelman Beam Deflection Test Results: A Case Study in India. *Advances in Geoengineering along the Belt and Road: Proceedings of 1st Belt and Road Webinar Series on Geotechnics, Energy and Environment 2021*, 230(1), 175-182. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-9963-4_14
- Ahmed, F., Thompson, J., Kim, D., Huynh, N., & Carroll, E. (2023). Evaluation of pavement service life using AASHTO 1972 and mechanistic-empirical pavement design guides. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 46-61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.11.004>
- Areche, F. O., Ibanga, I. J., & Bamidele, O. (2023). Discussion on Finding the Opportunity of Intelligent Transportation Systems (ITS) Implementation in Peru Based on Economics. *Engineering Science Letter*, 2(2), 41-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.56741/esl.v2i02.284>
- Balarezo-Zapata, J. (2017). *Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento*. [Tesis de grado, Universidad de Piura].
- Bhandari, S., Luo, X., & Wang, F. (2023). Understanding the effects of structural factors and traffic loading on flexible pavement performance. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 258-272. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.02.004>
- Cárdenas, J. I. (2018). *Influencia del tráfico vehicular con respecto a las deflexiones de los pavimentos flexibles en zona urbana de la ciudad de Huancayo, Junín – 2017*. [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2008>
- Carrasco, S. F., & Vizñay, C. J. (2019). *Evaluación estructural vial para Azogues mediante el análisis de deflexiones aplicando la viga Benkeman*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca].
- Casas, D. F. (2021). *Efecto del Cambio Climático Sobre el Ciclo de Vida de Tres Secciones de Pavimentos Flexibles*. [Tesis de Maestria, Universidad Distrital, Bogotá]. <http://hdl.handle.net/11349/30529>

- Castro, D. M. (2020). *Mejoramientos de subrasantes con roca ignea basalto tomada de la mina San Pedro, Armero Guayabal*. [Tesis de grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional UNIPILOTO. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7770>
- Chávarry, D. C. (2018). *Determinación del espesor de la sobrecapa en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte].
- Coripuna, C. A., & Huanacchiri, Y. (2019). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI con el software EvalPav, en las avenidas El Trébol, Venus y Manuel Gonzales Prada (KM 0+000 - 2+383) del distrito de Los Olivos*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5959>
- Cotrado, L. (2021). *Evaluación del pavimento flexible de las rutas PE - 28H y PE - 28I del departamento de Ayacucho, mediante análisis deflectométrico - con viga benkelman*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87263>
- Cubas, R. B. (2017). *Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
- De La Cruz, Y. M., & Huamán, J. J. (2023). *Determinación de la condición del pavimento flexible mediante la viga de Benkelman para el diseño de reforzamiento en las Avenidas Mansiche y Jesús Nazareth – Trujillo La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/15171>
- Encalada, J. A., & Galecio, S. C. (2021). *Evaluación estructural del pavimento flexible en la carretera Piura - Catacaos dle km 133+500 al km 137+500 por medio de la viga Benkelman para formular un plan de mantenimiento*. [Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Piura].
- Eriquita, A. I. (2021). *Comportamiento estructural del pavimento mediante recuperación elástica utilizando deflexiones medidas con viga Benkelman, red vial Moquegua Mo-108 (2 Km)*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad José Carlos Mariátegui]. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1221>

- Fernandez, M. A. (2020). *Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3733>
- Flores, L. (2023). *Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12536>
- Higuera, C. H. (2007). *Leyes de Comportamiento de la Deflexión Admisible en Pavimentos Flexibles. UPTC*.
- Ibrahim, E. M., El-Badawy, S. M., Ibrahim, M. H., & Elbeltagi, E. (2020). A modified pavement condition rating index for flexible pavement evaluation in Egypt. *Innovative Infrastructure Solutions*, 1(5), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41062-020-00304-z>
- Jain, R., Alheety, M. A., Rahul, J., & Saxena, A. K. (2023). Assessment Performance of Flexible Pavements for Surface Deflection Measure by Benkelman Beam Method. *Macromolecular Symposia*, 407(1), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/masy.202200125>
- Jiang, S., Cheng, Y., & Zhang, J. (2023). Vision-guided unmanned aerial system for rapid multiple-type damage detection and localization. *Structural Health Monitoring*, 22(1), 319-337. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/14759217221084878>
- Jinchuñá, M. S. (2020). *Evaluación por deflectometría y la rugosidad del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la av. Billinghurst, tramo: av. Bolognesi – av. Tarapacá – Tacna, 2019*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1583>
- Karimi, M. N., & Mallick, R. B. (2023). Flexible Pavement Instrumentation: A State-of-the-Art Review. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 149(2), 1-10. <https://doi.org/https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JPEODX.PVENG-1175>
- Lira, M. D. (2023). *The influence of load intensity on structural response of airport pavements assessed by nondestructive evaluation methods*. [Dissertação Mestrado

- em Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Ceará].
<https://doi.org/http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/72013>
- López, J. S. (2016). *El Diseño de Pavimentos Flexibles, su Comportamiento Estructural, e Incidencia en el Deterioro Temprano de la Red Vial en la Provincia de Tungurahua*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].
- López, A. G. (2015). *Impacto del Mantenimiento Vial en la Estructura del Pavimento de la Vía Augusto Martínez-Constantino Fernández del Cantón Ambato*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10309>
- Martínez, C. A. (2015). *Análisis del Ciclo de Vida de los Pavimentos Asfálticos*. [Tesis de Postgrado, Universidad Militar Nueva Granada].
<http://hdl.handle.net/10654/15195>
- Medina, E. R. (2013). *Estudio del Comportamiento Mecánico de una Estructura de Pavimento Flexible Instrumentada: Caso Transmilenio Bogotá D.C.* [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes].
- Melchor, E. J. (2023). *Evaluación del comportamiento estructural mediante el análisis deflectométrico del pavimento flexible de la Av. Jacinto Ibarra, Chilca – Huancayo*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes].
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/5982>
- Minaya, S., & Ordóñez, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos* (Segunda Edición ed.). Universidad Nacional de Ingeniería .
- Mohamed, A. S., Xiao, F., & Hettiarachchi, C. (2022). Project level management decisions in construction and rehabilitation of flexible pavements. *Automation in construction*, 133(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104035>
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos (Tercera ed.)*. Universidad Católica de Colombia.
- Monzón, D. N. (2010). *Elaboración de Documento de Apoyo, al Curso Tipología de Pavimentos de la Maestría en Ingeniería Vial*. [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/>
- MTC. (2014). *Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos: Sección suelos y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Pandales, C. A., & Pedroza, B. A. (2009). *Calibración de Módulos Resilientes de Suelos Estabilizados con Cal a partir de Ensayos de Placa y Viga Benkelman*. [Tesis de Grado, Universidad de Medellín]. <http://hdl.handle.net/11407/4601>
- Pérez, D. M. (2021). *Diagnósticos de Pavimentos Mediante el Método PCI y Análisis de la Influencia de Mal Estado de la Vía con Relación al Número de Accidentes Presentados en la AV. La Victoria (Carretera 4 Este) entre calle 37 Sur y Calle 27A Sur*. [Tesis de Grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/27110>
- Quito, I. (2019). *Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la carretera Cajamarca - Jesús, tramo Dv. a Llacanora (plaza pecuaria Iscocongá) - La Huaraclla; para determinar su comportamiento estructural*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3154>
- Quito, I. (2019). *Análisis Deflectométrico del Pavimento Flexible de la Carretera Cajamarca-Jesús, Tramo Dv. A Llacanora (Plaza Pecuaria Iscocongá)-La Huaraclla; para determinar su Comportamiento Estructural*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3154>
- Ríos, N. X., Bacca, B., Caicedo, E., & Orobio, A. (2020). Revisión de Métodos para la Clasificación de Fallas Superficiales en Pavimentos Flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.4385>
- Rojas, S. (2019). *Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, Año-2019*. [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2506>
- Roldán-Oliden, P., & Calvo-Jurado, C. (2022). Influence of traffic and road surface materials on elastic behavior of layered pavements. *Politeknik Dergisi*, 25(2), 855-860. <https://doi.org/https://doi.org/10.2339/politeknik.811330>
- Roncal, K. I., & Tello, D. A. (2022). *Diseño del reforzamiento del pavimento flexible empleando la viga benkelman en la avenida Mansiche, tramo Mall Aventura Plaza – colegio Ramón Castilla*. [Tesi para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9690>

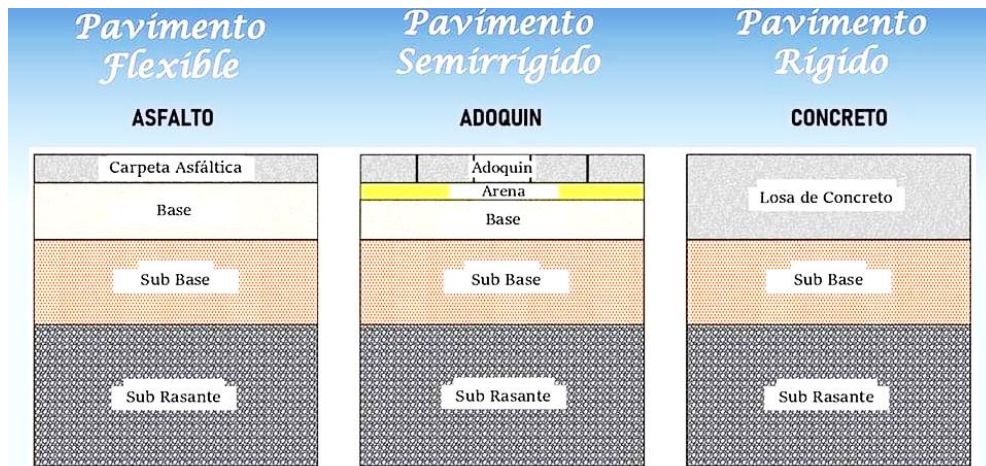
- Sánchez, M. C., Pavón, D. M., & Tejada, E. (2020). Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles. *Arquitectura de Ingeniería*, 14.
- Sanjay, R., Tejeshwini, S., Mamatha, K. H., & Dinesh, S. V. (2022). Comparative study on structural evaluation of flexible pavement using BBD and FWD. *Materials Today: Proceedings*, 60(1), 608-615. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.124>
- Sosa, A. M. (2018). *Propuesta de renovación del pavimento para la mejora de la transitabilidad vial en la avenida Cuzco, distrito Mi Perú - Callao*. [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4751>
- Taylor, B. D., Morris, E. A., & Brown, J. R. (2023). *The Drive for Dollars: How Fiscal Politics Shaped Urban Freeways and Transformed American Cities*. Oxford University Press.
- Tengilimoglu, O., Carsten, O., & Wadud, Z. (2023). Implications of automated vehicles for physical road environment: A comprehensive review. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 169, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102989>
- Vankar, R., Zala, L. B., Patel, P. N., & Amin, A. A. (2022). Flexible Pavement Structural Evaluation And Pavement Maintenance And Rehabilitation. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 10(91), 1-7. <https://doi.org/https://www.ijres.org/papers/Volume-10/Issue-9/10090107.pdf>
- Vergara, A. L. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay -Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/421>

CAPÍTULO VII. ANEXOS Y/O APÉNDICES

7.1. Anexos

Anexo A. Diagramas del pavimento flexible

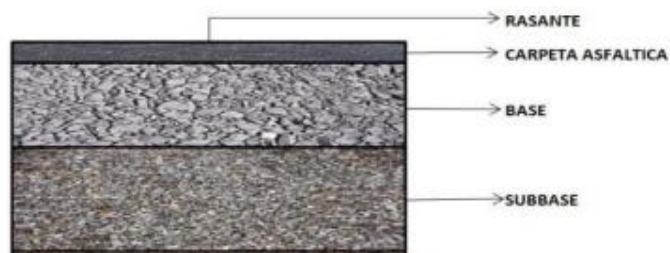
Figura 30: Tipos de pavimento



Esquema típico de los diferentes tipos de pavimentos

Fuente: (Encalada & Galecio, 2021).

Figura 31: *Pavimento flexible*



Esquema de la estructura típica del pavimento flexible

Fuente: (Encalada & Galecio, 2021)

Anexo B. Certificado de calibración



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 034 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	5638-2023	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y GAMA DE MATERIALES S.A.C.	
3. Dirección	JR. FRANCISCO PIZARRO NRO. 551 INT. 210 CENTRO - LA LIBERTAD TRUJILLO TRUJILLO	
4. Equipo	VIGA BENKELMAN (2 BRAZOS)	
Marca	PERUTEST	
Número de Serie	027	
Modelo	PT-VB	
5. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)	
Marca	DASQUA / DASQUA (*)	
Modelo	5260-1110 / 5260-1110 (*)	
Número de Serie	498538 / 498549 (*)	
Alcance de Indicación	0 a 25 mm / 0 a 25 mm (*)	
División de Escala	0.01 mm / 0.01 mm (*)	
6. Fecha de Calibración	2023-12-30	
7. Lugar de calibración	Avenida Chillón Lote 50 B - Comas - Lima	

Fecha de Emisión

2023-12-30

Jefe del Laboratorio de Metrología


JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 034 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

8. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando como referencia la norma internacional ASTM D - 4695 "Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements" y el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú MTC E 1002-2000 "Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman".

9. Trazabilidad

La calibración brinda la trazabilidad hacia la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Longitud del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	"PIE DE REY de 300 mm MARCA: INSIZE"	DM23-C-0130
INACAL	RETICULA DE MEDICION	LLA-029-2023
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1622-2023

10. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23.9 °C	23.9 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

11. Resultados

PRIMER BRAZO		
VALOR PATRON (mm)	INDICACION DEL DIAL DEL EQUIPO (mm)	RELACION (BRAZO / DIAL)
1.0	0.25	3.9
2.0	0.50	4.0
4.0	0.97	4.1
10.0	2.51	4.0
20.0	5.00	4.0

Relación Promedio Brazo : 1 : 4





PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 034 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

SEGUNDO BRAZO

VALOR PATRON (mm)	INDICACION DEL DIAL DEL EQUIPO (mm)	RELACIÓN (BRAZO / DIAL)
1.0	0.26	3.9
2.0	0.51	3.9
4.0	0.98	4.1
10.0	2.52	4.0
20.0	5.01	4.0

Relación Promedio Brazo : 1 : 4

Posiciones	A - B	B - C
Longitud del primer brazo de ensayo prueba	55.00 m	220.00 m
Longitud del segundo brazo de ensayo prueba	60.00 m	240.00 m

posición A : Punto de apoyo del vástago del Dial registrador.

posición B : Ubicación del Pivote en el equipo.

posición C : Punto de prueba.

12. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de CALIBRADO.
- El numero de serie se encuentra grabado en el equipo.



Fin del documento

7.2. Apéndice

Apéndice A. Matriz de consistencia

Tabla 22: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Fuente o instrumento	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría)-Llacanora?	Objetivo general Determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría)-Llacanora, mediante el análisis deflectométrico.	El pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría)-Llacanora presenta actualmente un mal comportamiento estructural (Do > deflexión admisible e Rc < radio de curvatura mínimo).	Variable Independiente Deflexiones del pavimento	Características físicas y geográficas del tramo	Longitud del tramo	Ficha de toma de datos topográficos		
	Ancho promedio							
	Espesor de la capa de rodadura							
	Radio mínimo de las curvas							
Características de las cargas vehiculares	Pendiente mínima del pavimento	Volumen de tránsito	Ficha de conteo vehicular	Tipo de Investigación: -Descriptiva- Aplicativa Nivel de Investigación: -Descriptivo. Método: -Deductivo				
Calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) mediante el análisis de los volúmenes de tráfico en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora.	Medir y analizar las deflexiones del pavimento flexible en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora.			Deformación vertical del pavimento flexible	IMDA	Ficha de ensayos de campo (deflectometría)	Técnicas: Medición, observación	La población y muestra de estudio estará dada por el pavimento flexible del Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría)-Llacanora.
					Tipo de vehículo			
					Tipo I: Curva extensa poco profunda.			
					Tipo II: Curva extensa y profunda.			
Describir las estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo del pavimento flexible en el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) – Llacanora.			Variable Dependiente Comportamiento Estructural del pavimento	Comportamiento estructural	Tipo III: Curva corta y poco profunda.	Ficha de ensayos de campo (deflectometría)		
					Tipo IV: Curva corta y profunda			
					Bueno			
					Regular			
					Malo			

Tabla 23: Matriz de operacionalización de variables

Hipótesis	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
El pavimento flexible de la carretera Cajamarca-San Marcos, Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)-Llacanora presenta actualmente un mal comportamiento estructural (Do > deflexión admisible e Rc < radio de curvatura mínimo).	Variable Independiente	Deformación vertical del sistema de pavimento de subrasante bajo carga estándar (Quito, 2019).	Propiedades y condiciones físicas del tramo de carretera, como longitud, ancho, curvatura, pendiente y nivelación (Quito, 2019).	Características físicas y geográficas del tramo	Longitud del tramo	km
					Ancho promedio	m
					Espesor de la capa de rodadura	cm
					Radio mínimo de las curvas	m
					Pendiente mínima del pavimento	%
Variable Dependiente	Deflexiones del pavimento	Respuesta del sistema de pavimento a la acción de cargas de tránsito (Jinchuña, 2020).	Condiciones de carga que experimenta el pavimento por el tráfico, incluyendo tipo de vehículos, frecuencia y volumen del tráfico (Quito, 2019).	Características de las cargas vehiculares	Volumen de tránsito	veh/día
					IMDA	veh/día
					Tipo de vehículo	%
					Tipo I: Curva extensa poco profunda.	mm
Variable Dependiente	Comportamiento Estructural del pavimento	La cantidad de hundimiento o elevación que experimenta la superficie del pavimento flexible bajo cargas de tráfico, indicativa de su capacidad para soportar y distribuir las fuerzas sin dañarse de manera significativa (Quito, 2019).	La forma en que el pavimento resiste y se adapta a las cargas del tráfico, manteniendo su estabilidad, nivelación y durabilidad a lo largo del tiempo (Jinchuña, 2020) .	Deformación vertical del pavimento flexible	Tipo II: Curva extensa y profunda.	mm
					Tipo III: Curva corta y poco profunda.	mm
					Tipo IV: Curva corta y profunda	mm
					Bueno	%
Variable Dependiente	Comportamiento Estructural del pavimento	La forma en que el pavimento resiste y se adapta a las cargas del tráfico, manteniendo su estabilidad, nivelación y durabilidad a lo largo del tiempo (Jinchuña, 2020) .	La forma en que el pavimento resiste y se adapta a las cargas del tráfico, manteniendo su estabilidad, nivelación y durabilidad a lo largo del tiempo (Jinchuña, 2020) .	Comportamiento estructural	Regular	%
					Malo	%

Apéndice B. Panel fotográfico

Fotografía 1 Tesista en el inicio del levantamiento topográfico, Iscoconga



Fotografía 2 Levantamiento topográfico realizado por el tesista, punto de llegada Llacanora



Fotografía 3 BM-01 en el trayecto de la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 4. Registro del conteo vehicular en la estación N° 1 en la carretera
Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 5. Registro del conteo vehicular en la estación N° 1 en la carretera
Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 6. Pesado del camión para el ensayo con la Viga Benkelman en la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 7. Realización del ensayo con la Viga Benkelman en la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá - Llacanora, unidad de muestreo 7



Fotografía 8. Perforación para el ensayo con Viga Benkelman en la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 9. Toma de temperatura en el asfalto para el ensayo con Viga Benkelman en la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscocongá (Plaza Pecuaria)- Llacanora



Fotografía 10. Tomando mediciones con el odómetro en la carretera en estudio



Fotografía 11. Realización del ensayo con la Viga Benkelman en la carretera Cajamarca-San Marcos; Tramo Iscoconga - Llacanora, unidad de muestreo 42



Apéndice C Descripción de fallas superficiales

En el tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) – Llacanora de la carretera Cajamarca – San Marcos, se pueden observar varias fallas superficiales que afectan la integridad y el funcionamiento del pavimento flexible. Estas incluyen:

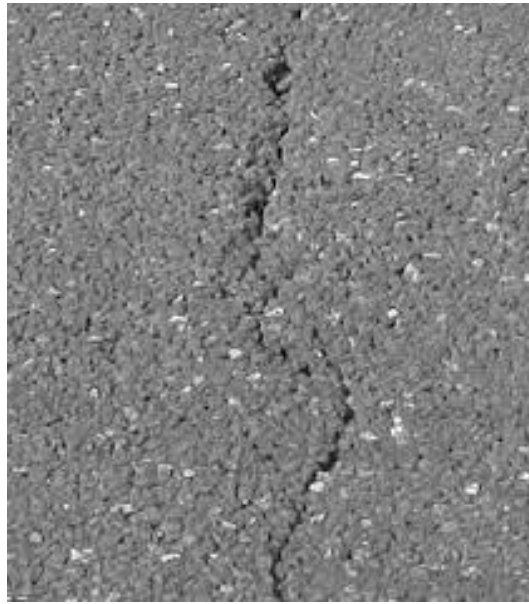
Fisuración por fatiga: Son grietas que se desarrollan en la superficie del pavimento debido a la acumulación de tensiones repetidas causadas por el tráfico vehicular. Estas fisuras suelen ser delgadas y longitudinales, y pueden propagarse a lo largo del pavimento, comprometiendo su resistencia y durabilidad a largo plazo.

Figura 32: *Fisuración por Fatiga*



Fisuración por reflexión: Son grietas que se forman en la superficie del pavimento como resultado de la reflexión de grietas presentes en las capas inferiores del pavimento, como la base o el suelo subyacente. Estas grietas tienden a ser perpendiculares a las grietas originales y pueden propagarse a medida que el tráfico vehicular ejerce presión sobre el pavimento.

Figura 33: *Fisuración por reflexión*



Desprendimiento del sello de la superficie: Esta falla se caracteriza por la separación del sello asfáltico o de la capa superficial del pavimento. Puede ocurrir debido a la falta de adherencia entre las capas del pavimento, la acción del agua y el tráfico vehicular, o la contracción y expansión térmica del pavimento.

Figura 34: *Desprendimiento del sello de la superficie*



Deformaciones plásticas: Se refiere a deformaciones permanentes en la superficie del pavimento, como hundimientos, baches u ondulaciones, que resultan de la compresión y deformación plástica de las capas asfálticas bajo cargas de tráfico repetidas o excepcionales.

Pérdida de textura superficial: Esta falla implica la pérdida gradual de la textura superficial del pavimento, lo que puede resultar en una disminución del agarre de los neumáticos y aumentar el riesgo de deslizamiento y accidentes, especialmente en condiciones de lluvia o humedad.

Figura 35: *Pérdida de textura superficial*



Estas fallas superficiales son indicativas de problemas estructurales y funcionales en el pavimento flexible, y su evaluación es fundamental para determinar las medidas de mantenimiento y rehabilitación necesarias para garantizar la durabilidad de la carretera.

Apéndice D Instrumento para el conteo vehicular




















Figura 36: Ficha de conteo vehicular

RESPONSABLE: _____ ESTACIÓN 01: _____

UBICACIÓN DE VIA: _____

COORDENADAS UTM: Este: _____ Norte: _____ SENTIDO: S →
E ←

ESTACIÓN: 01 CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR FECHA: _____

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
DIAGRA. VEH.																						
0-1	E																					
	S																					
1-2	E																					
	S																					
2-3	E																					
	S																					
3-4	E																					
	S																					
4-5	E																					
	S																					
5-6	E																					
	S																					
6-7	E																					
	S																					
7-8	E																					
	S																					
8-9	E																					
	S																					
9-10	E																					
	S																					
10-11	E																					
	S																					
11-12	E																					
	S																					
12-13	E																					
	S																					
13-14	E																					
	S																					
14-15	E																					
	S																					
15-16	E																					
	S																					
16-17	E																					
	S																					
17-18	E																					
	S																					
18-19	E																					
	S																					
19-20	E																					
	S																					
20-21	E																					
	S																					
21-22	E																					
	S																					
22-23	E																					
	S																					
23-24	E																					
	S																					
Parcial	E																					
	S																					
TOTAL AMBOS SENT.																						

Apéndice E Resultado de estudio de tráfico vehicular

Tabla 24: *Conteo Vehicular del día lunes15/01/2024*

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%			
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER							
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3		
0-1	E																					0	0.0%	
0-1	S																						0	0.0%
1-2	E																						0	0.0%
1-2	S																						0	0.0%
2-3	E																						0	0.0%
2-3	S																						0	0.0%
3-4	E																						0	0.0%
3-4	S																						0	0.0%
4-5	E																						0	0.0%
4-5	S																						0	0.0%
5-6	E																						0	0.0%
5-6	S																						0	0.0%
6-7	E	10	17	21		10				10													68	4.5%
6-7	S	10	15	19		10				10	1												65	4.7%
7-8	E	22	17	22		12		1		10							1						85	5.6%
7-8	S	22	15	21		12				14	1												85	6.2%
8-9	E	21	6	22		18		1		13	2						2						85	5.6%
8-9	S	40	15	25		24				14	2						1						121	8.8%
9-10	E	35	13	23	1	20	1			15	1	1					1						111	7.3%
9-10	S	40	30	25		22				9	4												130	9.4%
10-11	E	38	15	28		21		1		17	3						3						126	8.3%
10-11	S	42	25	26		19				14	6						1						133	9.7%
11-12	E	42	20	31		23				16	2						1						135	8.9%
11-12	S	45	21	28		17				18	4												133	9.7%
12-13	E	35	18	22		22				14	3						1						115	7.6%
12-13	S	34	17	20		23				13	1						1						109	7.9%
13-14	E	35	11	29	3	15	1			32	3						2						131	8.6%
13-14	S	29	8	21	3	22				17	2												102	7.4%
14-15	E	45	12	27	1	23				19	3	1											131	8.6%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
	S	41	8	19		18	3	1		17	4					1					112	8.1%
15-16	E	44	13	19	2	21				22	13	1				1					136	8.9%
	S	39	10	11		15				10	5	1				4					95	6.9%
16-17	E	55	11	21	1	17				11	5	1				8					130	8.5%
	S	33	12	16		20				5	12	1				2					101	7.3%
17-18	E	37	12	31		18	1	3		20	3					1					126	8.3%
	S	36	4	10		18				6	2					1					77	5.6%
18-19	E	35	11	29		10				14	2					1					102	6.7%
	S	29	6	15		14				15	2					1					82	6.0%
19-20	E	15	5	10		5				4	1										40	2.6%
	S	10	2	8		5				5						1					31	2.3%
20-21	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
21-22	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
22-23	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
23-24	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
Parcial	E	469	181	335	8	235	3	6	-	217	41	4	-	-	-	22	-	-	-	-	1521	100.0%
	S	450	188	264	3	239	3	1	-	167	46	2	-	-	-	13	-	-	-	-	1376	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		919	369	599	11	474	6	7	-	384	87	6	-	-	-	35	-	-	-	-	2897	
		31.72%	12.74%	20.68%	0.38%	16.36%	0.21%	0.24%	0.00%	13.26%	3.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	1.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.0%	

Tabla 25: Conteo Vehicular del día martes 16/01/2024

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%				
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER								
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3			
0-1	E																				0	0.0%			
	S																					0	0.0%		
1-2	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
2-3	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
3-4	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
4-5	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
5-6	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
6-7	E	14	4	7		10				10	4										1		50	4.2%	
	S	10	3	10		10				7	4											4		48	4.1%
7-8	E	24	4	18		18			1	12	6	1										5		89	7.5%
	S	40	12	10		20			1	8	5													96	8.2%
8-9	E	19	10	20		19				7	7											1		83	7.0%
	S	37	10	18	1	25				1	7	8										4		111	9.5%
9-10	E	39	11	33	1	22			1	14	7											3		131	11.0%
	S	30	10	21		18			1	6	9											1		96	8.2%
10-11	E	41	2	28		22			2	12	12													119	10.0%
	S	29	9	20		22			1	2	9	7										1		100	8.6%
11-12	E	28	9	20		23				11	8	1										1		101	8.5%
	S	27	10	19		17				11	9											3		96	8.2%
12-13	E	27	9	27		21				18	9											2		113	9.5%
	S	25	10	25		17				16	11	1										4		109	9.3%
13-14	E	33	12	20		20				16	8											1		110	9.3%
	S	31	10	21	3	19				14	2											4		104	8.9%
14-15	E	31	6	13	1	23			3		13	5										1		96	8.1%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
	S	22	17	20		23	4	3		11	7					1					108	9.2%
15-16	E	28	7	17	1	20				12	4					6					95	8.0%
	S	25	7	17		20		1		9	4	2				4					89	7.6%
16-17	E	28	5	15		16				6	1					1					72	6.1%
	S	26	8	20		14				4	5					4					81	6.9%
17-18	E	25	8	18		15				8	2					2					78	6.6%
	S	24	8	16		14				7	7					5					81	6.9%
18-19	E	12	4	12		10				6	1					4					49	4.1%
	S	14	5	11		8				4	7					1					50	4.3%
19-20	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
20-21	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
21-22	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
22-23	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
23-24	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
Parcial	E	349	91	248	3	239	-	7	-	145	74	2	-	-	-	28	-	-	-	-	1186	100.0%
	S	340	119	228	4	227	4	7	3	113	85	3	-	-	-	36	-	-	-	-	1169	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		689	210	476	7	466	4	14	3	258	159	5	-	-	-	64	-	-	-	-	2355	2,355
		0.29257	0.08917	0.2021231	0.00297	0.19787	0.001698	0.005945	0.00127	0.10955	0.06751592	0.002123	0	0	0	0.0271762	0	0	0	0	100.0%	

Tabla 26: *Conteo Vehicular del día miércoles 17/01/2024*

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%		
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER						
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
0-1	E																				0	0.0%	
	S																					0	0.0%
1-2	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
2-3	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
3-4	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
4-5	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
5-6	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
6-7	E	13	1	8		9				8	3									2		44	3.6%
	S	10	3	11		9				7	3									3		46	3.8%
7-8	E	25	8	19		19			1	14	7									3		96	7.8%
	S	38	10	12		20				10	6											96	7.9%
8-9	E	17	11	21		21		1		8	8									2		89	7.2%
	S	36	11	19		24				8	8	1								1		108	8.9%
9-10	E	40	10	34		22		1		15	6									4		132	10.7%
	S	29	13	22		20				8	10									2		104	8.6%
10-11	E	42	3	27	1	22		1		11	13											120	9.7%
	S	31	8	21	1	21		1		10	10									2		105	8.6%
11-12	E	28	10	19		23			1	12	9									1		103	8.4%
	S	27	12	20		18				12	9	1								4		103	8.5%
12-13	E	27	12	25		22	1			19	10									4		120	9.7%
	S	25	11	27		18				17	12									5		115	9.5%
13-14	E	34	14	21		21				17	9									2		118	9.6%
	S	31	11	21	1	20				15	5									6		110	9.1%
	E	32	8	14	1	24				14	6	2								2		103	8.4%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
14-15	S	22	16	18		24	1			12	4				2					99	8.2%	
15-16	E	29	7	19		21				13	3				6					98	7.9%	
16-17	S	28	7	19		24		1		10	5				2					96	7.9%	
17-18	E	27	6	16		17		1		7	2				2					78	6.3%	
18-19	S	25	7	21		16				5	4	1			3					82	6.8%	
19-20	E	28	9	18		14				9	5				1					84	6.8%	
20-21	S	26	10	17		14				10	8				4					89	7.3%	
21-22	E	14	3	10		8		2		5	3				3					48	3.9%	
22-23	S	18	6	10		8		2		5	7				5					61	5.0%	
23-24	E																			0	0.0%	
24-01	S																			0	0.0%	
01-02	E																			0	0.0%	
02-03	S																			0	0.0%	
03-04	E																			0	0.0%	
04-05	S																			0	0.0%	
05-06	E																			0	0.0%	
06-07	S																			0	0.0%	
07-08	E																			0	0.0%	
08-09	S																			0	0.0%	
09-10	E																			0	0.0%	
10-11	S																			0	0.0%	
11-12	E																			0	0.0%	
12-13	S																			0	0.0%	
13-14	E																			0	0.0%	
14-15	S																			0	0.0%	
Parcial	E	356	102	251	2	243	1	6	2	152	84	2	-	-	-	32	-	-	-	-	1233	100.0%
	S	346	125	238	2	236	1	4	-	129	91	3	-	-	-	39	-	-	-	-	1214	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		702	227	489	4	479	2	10	2	281	175	5	-	-	-	71	-	-	-	-	2447	
		0.287	0.0928	0.1998	0.0016	0.19575	0.0008	0.0041	0.0008	0.114	0.0715	0.002	0	0	0	0.029	0	0	0	0	100.0%	

Tabla 27: Conteo Vehicular del día jueves 18/01/2024

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%			
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER							
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3		
0-1	E																				0	0.0%		
0-1	S																					0	0.0%	
1-2	E																					0	0.0%	
1-2	S																					0	0.0%	
2-3	E																					0	0.0%	
2-3	S																					0	0.0%	
3-4	E																					0	0.0%	
3-4	S																					0	0.0%	
4-5	E																					0	0.0%	
4-5	S																					0	0.0%	
5-6	E																					0	0.0%	
5-6	S																					0	0.0%	
6-7	E	12	2	10	1	8	1			10	2	1									3		50	3.9%
6-7	S	11	3	10		9		2		10	1	1									3		50	3.9%
7-8	E	26	9	20		20				12	8										1		96	7.6%
7-8	S	33	11	10		20				11	9										2		96	7.5%
8-9	E	16	12	22	1	22				7	10										4		94	7.4%
8-9	S	34	11	18	1	23	1			5	11										1		105	8.2%
9-10	E	41	9	33		21				19	5										4		132	10.4%
9-10	S	42	14	24		19				10	11										3		123	9.6%
10-11	E	38	4	26		23		1		12	14	1									1		120	9.5%
10-11	S	30	9	22		22		1		12	11	1									4		112	8.8%
11-12	E	29	11	18		24				16	8										2		108	8.5%
11-12	S	26	14	21		19				14	11										4		109	8.5%
12-13	E	28	12	25		23		1		17	12										5		123	9.7%
12-13	S	27	12	26		19				14	14										4		116	9.1%
13-14	E	33	10	22		21				20	10										3		119	9.4%
13-14	S	32	12	22	2	20				17	6										8		119	9.3%
14-15	E	30	9	16		23		2		16	4										3		103	8.1%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL	%
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
	S	24	14	17		24				14	9					5					107	8.4%
15-16	E	30	6	20		22				14	2					4					98	7.7%
	S	29	9	19		23				11	7					4					102	8.0%
16-17	E	29	4	17	1	19			1	8	4					5					88	6.9%
	S	26	7	22		16				4	4					6					85	6.7%
17-18	E	29	11	17		13				11	6					4					91	7.2%
	S	27	12	19		12				9	9					3					91	7.1%
18-19	E	12	4	9		7				6	4					4					46	3.6%
	S	10	8	10		8				7	10					8					61	4.8%
19-20	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
20-21	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
21-22	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
22-23	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
23-24	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
Parcial	E	353	103	255	3	246	1	4	1	168	89	2	-	-	-	43	-	-	-	-	1268	100.0%
	S	351	136	240	3	234	1	3	-	138	113	2	-	-	-	55	-	-	-	-	1276	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		704	239	495	6	480	2	7	1	306	202	4	-	-	-	98	-	-	-	-	2544	
		0.27673	0.0939465	0.1946	0.00236	0.188679	0.00079	0.002752	0.0004	0.120283	0.0794	0.0016	0	0	0	0.038522	0	0	0	0	100.0%	

Tabla 28: *Conteo Vehicular del día viernes 19/01/2024*

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%		
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN				SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Comb i		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S 1/2 S2	2S3	3S1 /3S 2	>= 3S3	2T2	2T3	3 T 2			>=3T3	
0-1	E																				0	0.0%	
	S																					0	0.0%
1-2	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
2-3	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
3-4	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
4-5	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
5-6	E																					0	0.0%
	S																					0	0.0%
6-7	E	11	3	8		10			9	1						2						44	3.6%
	S	10	3	8		10			10	1						2						44	3.5%
7-8	E	24	10	16		21			12	4						2						89	7.3%
	S	33	12	14		20			14	5						1						99	7.8%
8-9	E	18	10	23	1	23		1	8	9	1					3					1	98	8.0%
	S	34	10	20	1	22		1	12	11	1					2						114	9.0%
9-10	E	28	8	25		20			10	6						4						101	8.2%
	S	27	15	24		20			14	10						4						114	9.0%
10-11	E	33	3	22		24			13	13						2						110	9.0%
	S	34	4	22		22			13	12						2						109	8.6%
11-12	E	30	12	20		23			15	9						1						110	9.0%
	S	31	14	22		20			14	12						5						118	9.3%
12-13	E	29	11	26		21			18	13	1					5						124	10.1%
	S	29	11	26		20			12	12	1					4						115	9.1%
13-14	E	35	9	25		23			21	11						2						126	10.3%
	S	35	14	24		23			18	9						9						132	10.4%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Comb i		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S 1/2 S2	2S3	3S1 /3S 2	>= 3S3	2T2	2T3	3 T 2			>=3T3
14-15	E	32	8	15		24	1			17	5				4				1	107	8.7%	
14-15	S	33	10	17		24	1			15	6				4					110	8.7%	
15-16	E	31	8	18		21				15	4				2					99	8.1%	
15-16	S	30	9	20		23				12	6				2					102	8.1%	
16-17	E	28	6	20		14		1		10	5				2					86	7.0%	
16-17	S	26	6	21		15		1		5	5				2					81	6.4%	
17-18	E	21	11	19		12				12	7				5					87	7.1%	
17-18	S	22	11	18		10				6	7				6					80	6.3%	
18-19	E	9	5	10		8			1	5	5				4					47	3.8%	
18-19	S	10	5	11		8				4	5				6					49	3.9%	
19-20	E																			0	0.0%	
19-20	S																			0	0.0%	
20-21	E																			0	0.0%	
20-21	S																			0	0.0%	
21-22	E																			0	0.0%	
21-22	S																			0	0.0%	
22-23	E																			0	0.0%	
22-23	S																			0	0.0%	
23-24	E																			0	0.0%	
23-24	S																			0	0.0%	
Parcial	E	329	104	247	1	244	1	-	-	165	92	2	-	-	-	38	-	-	-	2	1225	100.2%
Parcial	S	354	124	247	1	237	1	-	-	149	101	2	-	-	-	49	-	-	-	-	1265	100.2%
TOTAL, AMBOS SENT.		683	228	494	2	481	2	-	-	314	193	4	-	-	-	87	-	-	-	2	2490	
TOTAL, AMBOS SENT.		0.2743	0.0916	0.1984	0.0008	0.193	0.0008	0	0	0.126	0.0775	0.0016	0	0	0	0.0349	0	0	0	0.00080321	100.0%	

Tabla 29: *Conteo Vehicular del día sábado 20/01/2024*

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS					VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%					
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER								
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>= 3S3	2T2	2T3			3T2	>=3 T3			
0-1	E																				0	0.0%			
	S																					0	0.0%		
1-2	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
2-3	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
3-4	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
4-5	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
5-6	E																					0	0.0%		
	S																					0	0.0%		
6-7	E	12	2	9		12				10											1		46	3.7%	
	S	14	2	9		10				11												1		47	3.7%
7-8	E	26	11	17		18				12	5										4		93	7.4%	
	S	34	12	15		17				13	5												96	7.5%	
8-9	E	20	12	25		21				9	6										4		97	7.8%	
	S	34	10	21	1	22				10	12										2		112	8.8%	
9-10	E	30	10	26		18				10	8										3		105	8.4%	
	S	32	15	24		20				12	11										4		118	9.2%	
10-11	E	33	6	23		21				11	12	1									1		108	8.6%	
	S	34	4	23		21				11	14	2									4		113	8.8%	
11-12	E	30	11	21		21				16	10										3		112	9.0%	
	S	31	13	23		16				16	12										2		113	8.8%	
12-13	E	28	10	27	1	14	1			17	16										4		118	9.4%	
	S	29	11	26		16	1			17	14										3		117	9.1%	
13-14	E	29	10	25		14				20	12										5		115	9.2%	
	S	33	14	24		14				21	12										1		119	9.3%	
14-15	E	34	9	18		21		1		19	16										4		122	9.8%	

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS					VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3 T3
	S	34	10	15		21			1	15	9					3					108	8.4%
15-16	E	31	10	17		18				14	5					2					97	7.8%
	S	30	9	21		17				13	7					5					102	8.0%
16-17	E	28	7	22		14		1		11	7					1					91	7.3%
	S	26	7	21	1	15		1		8	7					6					92	7.2%
17-18	E	21	12	20		10				14	8					6					91	7.3%
	S	22	11	18		10			1	11	8					6					87	6.8%
18-19	E	14	8	12		9				7	3					2					55	4.4%
	S	16	8	11		9				4	3					5					56	4.4%
19-20	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
20-21	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
21-22	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
22-23	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
23-24	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
Parcial	E	336	118	262	1	211	1	2	-	170	108	1	-	-	-	40	-	-	-	-	1250	100.0%
	S	369	126	251	2	208	1	1	2	162	114	2	-	-	-	42	-	-	-	-	1280	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		705	244	513	3	419	2	3	2	332	222	3	-	-	-	82	-	-	-	-	2530	
		0.279	0.0964	0.2028	0.0012	0.166	0.0008	0.0012	0.000791	0.131	0.088	0.0012	0	0	0	0.032	0	0	0	0	100.0%	

Tabla 30: *Conteo Vehicular del día domingo 21/01/2024*

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%			
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER							
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3		
0-1	E																				0	0.0%		
0-1	S																					0	0.0%	
1-2	E																					0	0.0%	
1-2	S																					0	0.0%	
2-3	E																					0	0.0%	
2-3	S																					0	0.0%	
3-4	E																					0	0.0%	
3-4	S																					0	0.0%	
4-5	E																					0	0.0%	
4-5	S																					0	0.0%	
5-6	E																					0	0.0%	
5-6	S																					0	0.0%	
6-7	E	5	1	10		10				12	1										1		40	3.2%
6-7	S	5	1	9		10				11	3										1		40	3.2%
7-8	E	17	12	14		17				13	4										2		79	6.3%
7-8	S	18	12	15		16				13	5										2		81	6.4%
8-9	E	22	14	25		22				10	7										2		102	8.1%
8-9	S	23	14	28		19				10	11										1		106	8.4%
9-10	E	28	11	27		19				11	8										1		105	8.3%
9-10	S	29	15	24		18				12	12										2		112	8.9%
10-11	E	31	7	26		17				1	14	12									1		109	8.6%
10-11	S	31	4	26		17				1	11	16									3		109	8.6%
11-12	E	29	10	29		20					15	11									3		117	9.3%
11-12	S	29	13	23		16					16	11									2		110	8.7%
12-13	E	27	12	29		18					17	14									2		119	9.4%
12-13	S	27	14	28		1	16				17	13	1								1		118	9.4%
13-14	E	26	10	25		19					23	11									2		116	9.2%
13-14	S	33	11	28		14					21	12									1		120	9.5%
14-15	E	31	9	21		1	19				19	14									3		117	9.3%

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL	%
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
	S	28	10	16		21				19	9	1				3					107	8.5%
15-16	E	29	12	18		17				14	7					2					99	7.8%
	S	30	12	21		17				16	6					4					106	8.4%
16-17	E	26	9	23		13		1		14	9					1					96	7.6%
	S	26	9	21		15		1		8	7					3					90	7.1%
17-18	E	23	14	23		12				14	9					2					97	7.7%
	S	22	13	24		10				11	9					4					93	7.4%
18-19	E	22	9	14		10				6	4					1					66	5.2%
	S	25	9	14		9				4	4					4					69	5.5%
19-20	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
20-21	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
21-22	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
22-23	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
23-24	E																				0	0.0%
	S																				0	0.0%
Parcial	E	316	130	284	1	213	-	1	1	182	111	-	-	-	-	23	-	-	-	-	1262	100.0%
	S	326	137	277	1	198	-	2	-	169	118	2	-	-	-	31	-	-	-	-	1261	100.0%
TOTAL, AMBOS SENT.		642	267	561	2	411	-	3	1	351	229	2	-	-	-	54	-	-	-	-	2523	
		25.45%	10.58%	22.24%	0.08%	16.29%	0.00%	0.12%	0.04%	13.91%	9.08%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	2.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.0%	

Tabla 31: Resumen del conteo vehicular

Día	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS												TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER					
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
D1	E	469	181	335	8	235	3	6	-	217	41	4				22				-	1,521	8.6%
	S	450	188	264	3	239	3	1	-	167	46	2				13				-	1,376	7.7%
D2	E	349	91	248	3	239	-	7	-	145	74	2				28				-	1,186	6.7%
	S	340	119	228	4	227	4	7	3	113	85	3				36				-	1,169	6.6%
D3	E	356	102	251	2	243	1	6	2	152	84	2				32				-	1,233	6.9%
	S	346	125	238	2	236	1	4	-	129	91	3				39				-	1,214	6.8%
D4	E	353	103	255	3	246	1	4	1	168	89	2				43				-	1,268	7.1%
	S	351	136	240	3	234	1	3	-	138	113	2				55				-	1,276	7.2%
D5	E	329	104	247	1	244	1	-	-	165	92	2				38				2	1,225	6.9%
	S	354	124	247	1	237	1	-	-	149	101	2				49				-	1,265	7.1%
D6	E	336	118	262	1	211	1	2	-	170	108	1				40				-	1,250	7.0%
	S	369	126	251	2	208	1	1	2	162	114	2				42				-	1,280	7.2%
D7	E	316	130	284	1	213	-	1	1	182	111	-				23				-	1,262	7.1%
	S	326	137	277	1	198	-	2	-	169	118	2				31				-	1,261	7.1%
TOTAL	E	2,508	829	1,882	19	1,631	7	26	4	1,199	599	13				226				2	8,945	50.3%
	S	2,536	955	1,745	16	1,579	11	18	5	1,027	668	16				265				-	8,841	49.7%

Tabla 32: Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

N.º	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000	
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000	
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000	
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000	
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000	
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000	
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000	
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000	
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000	
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000	
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000	
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000	
21	CUCULI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000	
22	DESVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000	
23	DESVIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000	
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000	
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000	

N.º	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000	
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000	
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000	
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000	
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000	
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000	
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000	
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000	
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000	
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000	
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000	
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000	
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.6863	1.0000	
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000	
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000	
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000	
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000	

N.º	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000	
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000	
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0028	0.9826	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000	
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000	
59	QUIULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000	
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000	
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000	
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000	
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000	
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000	
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378	0.7725	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340	0.8249	1.0000	
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222	0.6992	1.0000	
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9628	0.9888	0.6731	1.0000	
78	YAUCA	0.8963	0.8050	1.0503	1.0220	1.1199	1.1231	0.9580	0.9940	1.0611	1.0581	1.1286	0.9101	1.0000	

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Tabla 33: Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.6639	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000	
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000	
23	DESVIO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0060	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9958	0.9754	0.9592	0.8049	1.0000	

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000	
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0686	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9650	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9390	0.4681	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000	
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000	
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000	
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9595	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9696	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9039	0.8388	0.7955	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.8790	0.8946	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9417	0.9377	0.8104	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.8982	0.9068	0.7907	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	1.0051	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9893	0.9711	0.9363	0.7840	1.0000	

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000	
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0876	1.0772	1.0246	0.9968	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8953	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000	
59	QUIULLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889	0.8481	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535	0.8176	1.0000	
76	VESIQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137	0.7587	1.0000	
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0.9200	0.8925	0.7637	1.0000	
78	YAUCA	1.0357	0.9909	1.0322	1.0391	1.0356	1.0435	1.0345	0.9875	0.9833	0.9602	0.9350	0.9457	1.0000	

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Tabla 34: *Tasa de crecimiento de vehículos ligeros y vehículos pesados*

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Tabla 35: Resumen de conteo vehicular durante una semana en la estación 01 ubicada en la plaza pecuaria

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR																					
Día	Fecha	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL
		Auto	Stacion Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRÁILER				TRÁILER				
				Pick Up	Panl	Rural Comb i		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3S 2	>=3 S3	2T2	2T3	3T2	>=3 T3	
D1	15/01/2024	919	369	599	11	474	6	7	-	384	87	6	-	-	-	35	-	-	-	-	2,897
D2	16/01/2024	689	210	476	7	466	4	14	3	258	159	5	-	-	-	64	-	-	-	-	2,355
D3	17/01/2024	702	227	489	4	479	2	10	2	281	175	5	-	-	-	71	-	-	-	-	2,447
D4	18/01/2024	704	239	495	6	480	2	7	1	306	202	4	-	-	-	98	-	-	-	-	2,544
D5	19/01/2024	683	228	494	2	481	2	-	-	314	193	4	-	-	-	87	-	-	-	2	2,490
D6	20/01/2024	705	244	513	3	419	2	3	2	332	222	3	-	-	-	82	-	-	-	-	2,530
D7	21/01/2024	642	267	561	2	411	-	3	1	351	229	2	-	-	-	54	-	-	-	-	2,523
TOTAL		5,044	1,784	3,627	35	3,210	18	44	9	2,226	1,267	29	-	-	-	491	-	-	-	2	17,786
PORCENTAJE		77.1 %						22.9%													

Tabla 36: Resumen conteo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo

Tipo de vehículos		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	919	689	702	704	683	705	642	919	
	Station Wagon	369	210	227	239	228	244	267	1,784	
	CAMIONETAS	Pick Up	599	476	489	495	494	513	561	3,627
		Panel	11	7	4	6	2	3	2	35
		Rural Combi	474	466	479	480	481	419	411	3,210
	Micro	6	4	2	2	2	2	-	18	
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	7	14	10	7	-	3	3	44
		>=3 E	-	3	2	1	-	2	1	9
	CAMIÓN	2 E	384	258	281	306	314	332	351	2,226
		3 E	87	159	175	202	193	222	229	1,267
		4 E	6	5	5	4	4	3	2	29
	SEMI TRÁILER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>= 3S3	35	64	71	98	87	82	54	491
	TRÁILER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>=3T3	-	-	-	-	2	-	-	2
TOTAL		2,897	2,355	2,447	2,544	2,490	2,530	2,523	13,661	

Tabla 37: Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

F.C.E. Vehículos ligeros:

0.999

F.C.E. Vehículos pesados:

0.954

Tipo de vehículos		Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL	IMDs	FC	IMDa	Distribución (%)	
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	SEMANA					
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	919	689	702	704	683	705	642	5,044	721	0.999	720	28.6	
	Station Wagon	369	210	227	239	228	244	267	1,784	255	0.999	255	10.1	
	CAMIONETAS	Pick Up	599	476	489	495	494	513	561	3,627	518	0.999	518	20.6
		Panel	11	7	4	6	2	3	2	35	5	0.999	5	0.2
		Rural Combi	474	466	479	480	481	419	411	3,210	459	0.999	459	18.2
	Micro	6	4	2	2	2	2	-	18	3	0.999	3	0.1	
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	7	14	10	7	-	3	3	44	6	0.954	6	0.2
		>=3 E	-	3	2	1	-	2	1	9	1	0.954	2	0.1
	CAMIÓN	2 E	384	258	281	306	314	332	351	2,226	318	0.954	304	12.1
		3 E	87	159	175	202	193	222	229	1,267	181	0.954	173	6.9
		4 E	6	5	5	4	4	3	2	29	4	0.954	4	0.2
	SEMI TRÁILER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		>= 3S3	35	64	71	98	87	82	54	491	70	0.954	67	2.7
	TRÁILER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.954	0	0.0
		>=3T3	-	-	-	-	2	-	-	2	0	0.954	1	0.0
TOTAL		2,897	2,355	2,447	2,544	2,490	2,530	2,523	17,786	2541		2517	100.0	

Tabla 38: *Demanda Actual (IMDA)*

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo				
Tipo de vehículos		IMD	Distribución (%)	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	720	28.6	
	Station	255	10.1	
	Camionetas	Pick Up	518	20.6
		Panel	5	0.2
		Rural Combi	459	18.2
	Micro	3	0.1	
VEHÍCULOS PESADOS	Bus	2 E	6	0.2
		>=3 E	2	0.1
	Camión	2 E	304	12.1
		3 E	173	6.9
		4 E	4	0.2
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0.0
		2S3	0	0.0
		3S1/3S2	0	0.0
		>= 3S3	67	2.7
	Tráiler	2T2	0	0.0
		2T3	0	0.0
		3T2	0	0.0
		>=3T3	1	0.0
TOTAL		2517	100.0	

Tabla 39: *Cálculo de ESAL en la carretera de estudio*

CALCULO DE ESAL

Periodo de
diseño= n

20 años

Tasa de
crecimiento = r

3 %

Factor de crecimiento

26.87

$(1+r)^n =$

1.806

CÁLCULO DE ESAL'S O rep EE8.2Tn.

$$EE = N^{\circ} \text{ Vehículos según tipo} \times \text{Factor de presión de llantas}$$

Tipo de vehículos		IMDa	Fc	Factor de presión de llantas	EE	Factor direccional	Factor carril	EE día carril	Fact. Crecimiento	N° Rep. EE	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	720	0.0009	1.00	0.63	0.50	1.00	0.32	21.13	2429.47	
	Station	255	0.0009	1.00	0.22	0.50	1.00	0.11	21.13	848.39	
	Camionetas	Pick Up	518	0.0009	1.00	0.45	0.50	1.00	0.23	21.13	1735.34
		Panel	5	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
		Rural Combi	459	0.0009	1.00	0.40	0.50	1.00	0.20	21.13	1542.52
	Micro	3	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00	
VEHÍCULOS PESADOS	Bus	2 E	6	3.5290	1.00	21.17	0.50	1.00	10.59	22.66	87545.82
		>=3 E	2	3.0709	1.00	6.14	0.50	1.00	3.07	22.66	25391.18
	Camión	2 E	304	3.5290	1.00	1072.80	0.50	1.00	536.40	22.66	4436426.89
		3 E	173	3.4064	1.00	589.30	0.50	1.00	294.65	22.66	2436974.62
		4 E	4	4.9582	1.00	19.83	0.50	1.00	9.92	22.66	82004.42
	Semi tráiler	2S1/2S2	0	5.7851	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		2S3	0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		3S1/3S2	0	6.5127	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		>= 3S3	67	5.6625	1.00	379.39	0.50	1.00	189.70	22.66	1568918.72
	Tráiler	2T2	0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		2T3	0	6.3901	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		3T2	0	8.0412	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		>=3T3	1	7.9186	1.00	7.92	0.50	1.00	3.96	22.66	32752.14
	IMDA		2517	TOTAL					TP9	8,676,569.53	

Apéndice F. Resultado de ensayos de deflectometría

Tabla 40: Evaluación estructural del pavimento lado izquierdo de la carretera Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaría) - Llacanora

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
CARRIL	: Izquierdo	Presión:	80
FECHA	: ENERO 2024	Factor	
		Conversión:	4
		Factor	
		Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Re (m)	Amb °C	Pav °C
00+025	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
00+075	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	3.0	21	12	377	15.6	16.60
00+125	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	11.0	0.0	5.0	46	21	126	15.6	16.60
00+175	0.0	3.0	6.0	9.0	11.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
00+225	0.0	5.0	8.0	12.0	15.0	23.0	0.0	12.0	95	50	69	15.6	16.60
00+275	0.0	10.0	15.0	20.0	25.0	34.0	0.0	18.0	141	75	47	15.6	16.60
00+325	0.0	10.0	18.0	24.0	26.0	34.0	0.0	20.0	141	83	54	15.6	16.60
00+375	0.0	2.0	4.0	8.0	12.0	14.0	0.0	8.0	58	33	126	15.6	16.60
00+425	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	5.0	41	21	151	15.6	16.60
00+475	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	0.0	8.0	62	33	108	15.6	16.60
00+525	0.0	6.0	10.0	14.0	18.0	23.0	0.0	12.0	95	50	69	15.6	16.60
00+575	0.0	4.0	6.0	8.0	10.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
00+625	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Izquierdo	Factor	
		Conversión:	4
		Factor	
FECHA	: ENERO 2024	Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
00+675	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
00+725	0.0	2.0	4.0	7.0	9.0	12.0	0.0	5.0	50	21	108	15.6	16.60
00+775	0.0	2.0	5.0	8.0	11.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
00+825	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	0.0	4.0	33	17	189	15.6	16.60
00+875	0.0	7.0	10.0	14.0	18.0	25.0	0.0	13.0	104	54	63	15.6	16.60
00+925	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
00+975	0.0	5.0	8.0	12.0	16.0	20.0	0.0	10.0	83	41	75	15.6	16.60
01+025	0.0	5.0	9.0	14.0	18.0	22.0	0.0	11.0	91	46	69	15.6	16.60
01+075	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
01+125	0.0	2.0	5.0	7.0	10.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
01+175	0.0	4.0	8.0	10.0	14.0	17.0	0.0	9.0	70	37	94	15.6	16.60
01+225	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
01+275	0.0	4.0	6.0	8.0	10.0	13.0	0.0	8.0	54	33	151	15.6	16.60
01+325	0.0	5.0	10.0	15.0	18.0	22.0	0.0	11.0	91	46	69	15.6	16.60
01+375	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
01+425	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	16.0	0.0	8.0	66	33	94	15.6	16.60

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Izquierdo	Factor	
		Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor	
		Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION				TEMP.	TEMP
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
01+475	0.0	4.0	6.0	8.0	12.0	18.0	0.0	9.0	75	37	84	15.6	16.60
01+525	0.0	3.0	6.0	9.0	14.0	19.0	0.0	8.0	79	33	69	15.6	16.60
01+575	0.0	5.0	10.0	14.0	20.0	28.0	0.0	14.0	116	58	54	15.6	16.60
01+625	0.0	3.0	6.0	10.0	12.0	16.0	0.0	8.0	66	33	94	15.6	16.60
01+675	0.0	5.0	9.0	12.0	18.0	25.0	0.0	12.0	104	50	58	15.6	16.60
01+725	0.0	5.0	9.0	14.0	18.0	22.0	0.0	12.0	91	50	75	15.6	16.60
01+775	0.0	4.0	8.0	10.0	14.0	16.0	0.0	8.0	66	33	94	15.6	16.60
01+825	0.0	2.0	3.0	5.0	8.0	10.0	0.0	6.0	41	25	189	15.6	16.60
01+875	0.0	4.0	10.0	15.0	21.0	30.0	0.0	16.0	124	66	54	15.6	16.60
01+925	0.0	4.0	9.0	14.0	20.0	26.0	0.0	13.0	108	54	58	15.6	16.60
01+975	0.0	6.0	12.0	20.0	25.0	33.0	0.0	17.0	137	70	47	15.6	16.60
02+025	0.0	5.0	10.0	16.0	22.0	27.0	0.0	14.0	109	57	59	17.8	19.00
02+075	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	15.0	0.0	8.0	61	32	110	17.8	19.00
02+125	0.0	3.0	6.0	9.0	14.0	17.0	0.0	8.0	69	32	86	17.8	19.00
02+175	0.0	3.0	6.0	10.0	15.0	19.0	0.0	8.0	77	32	70	17.8	19.00
02+225	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	44	24	155	17.8	19.00

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Izquierdo	Factor	
		Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor	
		Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
02+275	0.0	4.0	8.0	13.0	17.0	27.0	0.0	17.0	109	69	77	17.8	19.00
02+325	0.0	4.0	7.0	11.0	15.0	21.0	0.0	9.0	85	36	64	17.8	19.00
02+375	0.0	3.0	6.0	9.0	13.0	18.0	0.0	10.0	73	40	97	17.8	19.00
02+425	0.0	3.0	6.0	9.0	11.0	16.0	0.0	7.0	65	28	86	17.8	19.00
02+475	0.0	3.0	6.0	10.0	15.0	23.0	0.0	14.0	93	57	86	17.8	19.00
02+525	0.0	6.0	9.0	15.0	18.0	24.0	0.0	10.0	97	40	55	17.8	19.00
02+575	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	11.0	0.0	5.0	44	20	129	17.8	19.00
02+625	0.0	4.0	7.0	10.0	14.0	19.0	0.0	9.0	77	36	77	17.8	19.00
02+675	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	12.0	0.0	6.0	48	24	129	17.8	19.00
02+725	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	44	24	155	17.8	19.00
02+775	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	0.0	4.0	32	16	193	17.8	19.00
02+825	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	13.0	0.0	6.0	53	24	110	17.8	19.00
02+875	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	0.0	4.0	32	16	193	17.8	19.00
02+925	0.0	2.0	3.0	5.0	6.0	9.0	0.0	5.0	36	20	193	17.8	19.00
02+975	0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	13.0	0.0	6.0	53	24	110	17.8	19.00
03+025	0.0	2.0	4.0	6.0	7.0	12.0	0.0	6.0	48	24	129	17.8	19.00

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Izquierdo	Factor	
		Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor	
		Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION				TEMP.	TEMP
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
03+075	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	0.0	5.0	32	20	258	17.8	19.00
03+125	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	0.0	4.0	28	16	258	17.8	19.00
03+175	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	8.0	0.0	6.0	32	24	387	17.8	19.00
03+225	0.0	2.0	5.0	7.0	10.0	12.0	0.0	6.0	48	24	129	17.8	19.00
03+275	0.0	2.0	6.0	10.0	14.0	19.0	0.0	8.0	77	32	70	17.8	19.00
03+325	0.0	5.0	10.0	14.0	20.0	29.0	0.0	10.0	117	40	41	17.8	19.00
03+375	0.0	3.0	7.0	10.0	14.0	17.0	0.0	8.0	69	32	86	17.8	19.00
03+425	0.0	2.0	5.0	10.0	14.0	34.0	0.0	16.0	137	65	43	17.8	19.00
03+475	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	16.0	0.0	8.0	65	32	97	17.8	19.00
03+525	0.0	8.0	15.0	20.0	25.0	28.0	0.0	16.0	113	65	64	17.8	19.00
03+575	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	14.0	0.0	7.0	57	28	110	17.8	19.00

N	72	72	72
S	5036	2562	8235
PROMEDIO	69.9	35.6	114.4

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
CARRIL	: Izquierdo	Presión:	80
FECHA	: ENERO 2024	Factor	
		Conversión:	4
		Factor	
		Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL								PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
	MINIMO								21	12	41		
	MAXIMO								141	83	387		
	DESVIACION ESTÁNDAR								29.9	15.7	65.5		
	VARIANZA								892.1	247.6	4293.7		
	COEFICIENTE DE VAR.								42.7	44.2	57.3		
	VALOR CARACTERISTICO								119.1	61.5	222.2		

Tabla 41: Evaluación estructural del pavimento lado derecho de la carretera Tramo Iscoconga (Plaza Pecuaria) - Llacanora

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA							Carga Eje:	4100
CARRIL	: Derecho							Presión:	80
FECHA	: ENERO 2024							Factor Conversión:	4
								Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL						SEGUNDO DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP
	PRIMER DIAL						L ₁	L ₂	Do	D25	Rc	Amb	Pav	
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)	°C	°C	
00+000	0.0	3.0	7.0	11.0	13.0	15.0	0.0	8.0	62	33	108	15.6	16.60	
00+050	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0	0.0	4.0	33	17	189	15.6	16.60	
00+100	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	9.0	0.0	5.0	37	21	189	15.6	16.60	
00+150	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	0.0	4.0	33	17	189	15.6	16.60	
00+200	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	0.0	3.0	25	12	252	15.6	16.60	
00+250	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	18.0	0.0	9.0	75	37	84	15.6	16.60	
00+300	0.0	5.0	10.0	17.0	26.0	38.0	0.0	19.0	157	79	40	15.6	16.60	
00+350	0.0	8.0	14.0	20.0	25.0	30.0	0.0	16.0	124	66	54	15.6	16.60	
00+400	0.0	2.0	4.0	7.0	10.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60	
00+450	0.0	3.0	6.0	9.0	10.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60	
00+500	0.0	2.0	5.0	8.0	11.0	15.0	0.0	7.0	62	29	94	15.6	16.60	
00+550	0.0	3.0	5.0	7.0	11.0	16.0	0.0	8.0	66	33	94	15.6	16.60	
00+600	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	6.0	41	25	189	15.6	16.60	
00+650	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	0.0	3.0	25	12	252	15.6	16.60	

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
CARRIL	: Derecho	Presión:	80
FECHA	: ENERO 2024	Factor Conversión:	4
		Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL		Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav ° C
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm					
00+700	0.0	3.0	6.0	9.0	11.0	13.0	0.0	8.0	54	33	151	15.6	16.60
00+750	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0	0.0	4.0	33	17	189	15.6	16.60
00+800	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
00+850	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
00+900	0.0	8.0	12.0	18.0	25.0	34.0	0.0	17.0	141	70	44	15.6	16.60
00+950	0.0	8.0	12.0	16.0	20.0	26.0	0.0	13.0	108	54	58	15.6	16.60
01+000	0.0	4.0	9.0	12.0	16.0	19.0	0.0	8.0	79	33	69	15.6	16.60
01+050	0.0	6.0	10.0	14.0	17.0	20.0	0.0	10.0	83	41	75	15.6	16.60
01+100	0.0	4.0	8.0	10.0	12.0	15.0	0.0	7.0	62	29	94	15.6	16.60
01+150	0.0	3.0	6.0	9.0	11.0	14.0	0.0	7.0	58	29	108	15.6	16.60
01+200	0.0	5.0	9.0	12.0	16.0	20.0	0.0	10.0	83	41	75	15.6	16.60
01+250	0.0	4.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
01+300	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	24.0	0.0	12.0	99	50	63	15.6	16.60
01+350	0.0	3.0	5.0	7.0	8.0	10.0	0.0	5.0	41	21	151	15.6	16.60
01+400	0.0	2.0	5.0	8.0	10.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
01+450	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
01+500	0.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Derecho	Factor Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav ° C
01+550	0.0	3.0	5.0	7.0	9.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
01+600	0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	11.0	0.0	6.0	46	25	151	15.6	16.60
01+650	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	4.0	41	17	126	15.6	16.60
01+700	0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0	0.0	6.0	50	25	126	15.6	16.60
01+750	0.0	5.0	10.0	16.0	22.0	31.0	0.0	16.0	128	66	50	15.6	16.60
01+800	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	0.0	4.0	29	17	252	15.6	16.60
01+850	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	0.0	5.0	41	21	151	15.6	16.60
01+900	0.0	5.0	10.0	16.0	20.0	24.0	0.0	11.0	99	46	58	15.6	16.60
01+950	0.0	2.0	4.0	6.0	7.0	9.0	0.0	4.0	37	17	151	15.6	16.60
02+000	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	0.0	7.0	62	29	94	15.6	16.60
02+050	0.0	2.0	3.0	5.0	7.0	9.0	0.0	4.0	36	16	155	17.8	19.00
02+100	0.0	2.0	3.0	5.0	7.0	9.0	0.0	5.0	36	20	193	17.8	19.00
02+150	0.0	2.0	3.0	5.0	8.0	10.0	0.0	5.0	40	20	155	17.8	19.00
02+200	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	3.0	24	12	258	17.8	19.00
02+250	0.0	2.0	4.0	6.0	7.0	10.0	0.0	6.0	40	24	193	17.8	19.00
02+300	0.0	5.0	9.0	13.0	17.0	22.0	0.0	10.0	89	40	64	17.8	19.00
02+350	0.0	4.0	8.0	12.0	15.0	18.0	0.0	9.0	73	36	86	17.8	19.00

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

REGISTRO DE CAMPO

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Derecho	Factor Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
02+400	0.0	3.0	6.0	9.0	11.0	13.0	0.0	7.0	53	28	129	17.8	19.00
02+450	0.0	4.0	6.0	9.0	13.0	19.0	0.0	8.0	77	32	70	17.8	19.00
02+500	0.0	5.0	10.0	16.0	22.0	29.0	0.0	14.0	117	57	52	17.8	19.00
02+550	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	5.0	40	20	155	17.8	19.00
02+600	0.0	2.0	4.0	7.0	10.0	15.0	0.0	8.0	61	32	110	17.8	19.00
02+650	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	12.0	0.0	6.0	48	24	129	17.8	19.00
02+700	0.0	5.0	10.0	15.0	18.0	22.0	0.0	11.0	89	44	70	17.8	19.00
02+750	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.0	6.0	40	24	193	17.8	19.00
02+800	0.0	3.0	5.0	9.0	12.0	17.0	0.0	8.0	69	32	86	17.8	19.00
02+850	0.0	2.0	5.0	7.0	10.0	13.0	0.0	5.0	53	20	97	17.8	19.00
02+900	0.0	2.0	3.0	4.0	6.0	10.0	0.0	5.0	40	20	155	17.8	19.00
02+950	0.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	0.0	5.0	40	20	155	17.8	19.00
03+000	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	16.0	0.0	8.0	65	32	97	17.8	19.00
03+050	0.0	3.0	5.0	7.0	11.0	15.0	0.0	7.0	61	28	97	17.8	19.00
03+100	0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	14.0	0.0	7.0	57	28	110	17.8	19.00
03+150	0.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	0.0	6.0	40	24	193	17.8	19.00
03+200	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	13.0	0.0	6.0	53	24	110	17.8	19.00

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
REGISTRO DE CAMPO
 Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Derecho	Factor Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor Estacional:	1

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP	
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL						
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav ° C
03+250	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	15.0	0.0	7.0	61	28	97	17.8	19.00
03+300	0.0		P				E		N		T		E
03+350	0.0	2.0	3.0	4.0	7.0	12.0	0.0	5.0	48	20	110	17.8	19.00
03+400	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	3.0	24	12	258	17.8	19.00
03+450	0.0	2.0	5.0	8.0	11.0	14.0	0.0	7.0	57	28	110	17.8	19.00
03+500	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	26.0	0.0	13.0	105	53	59	17.8	19.00
03+550	0.0	2.0	5.0	9.0	12.0	17.0	0.0	9.0	69	36	97	17.8	19.00
03+600	0.0	10.0	15.0	20.0	30.0	39.0	0.0	19.0	158	77	39	17.8	19.00

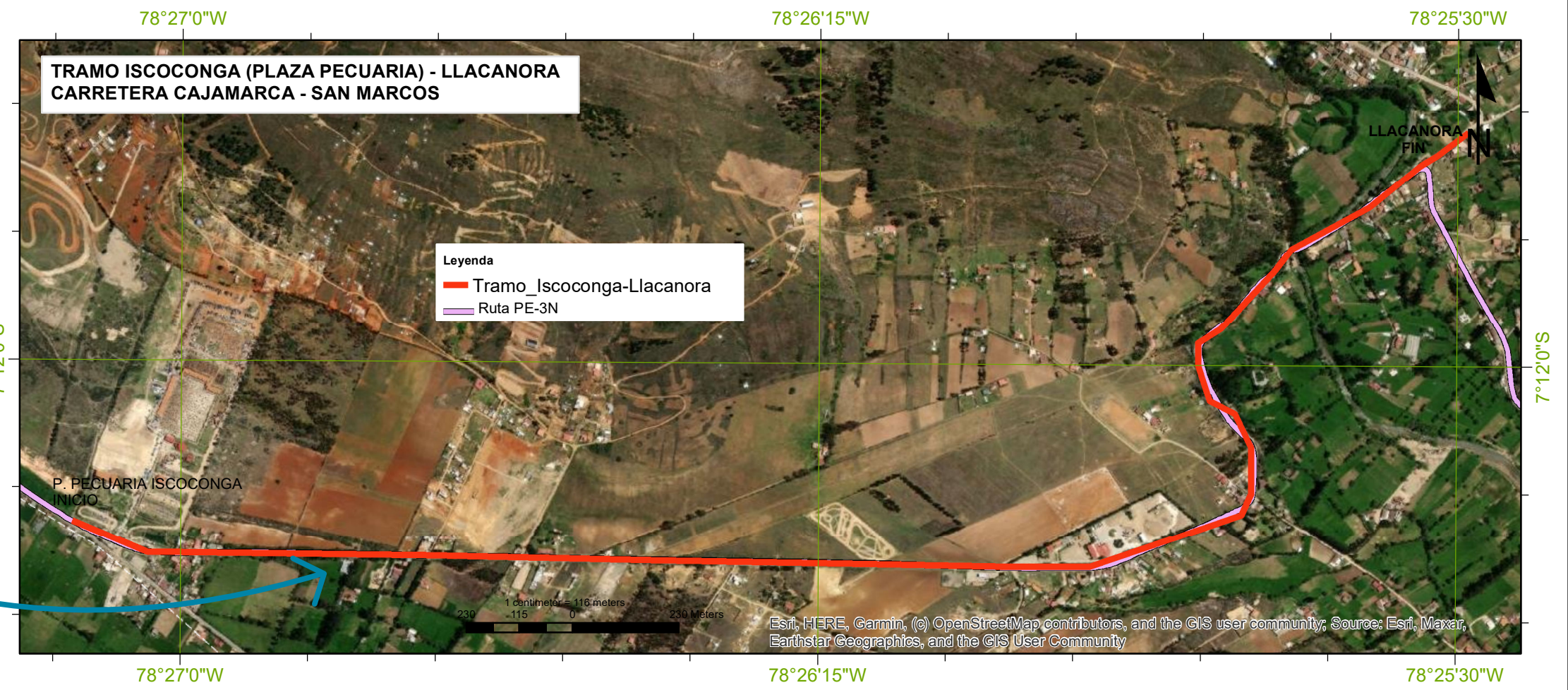
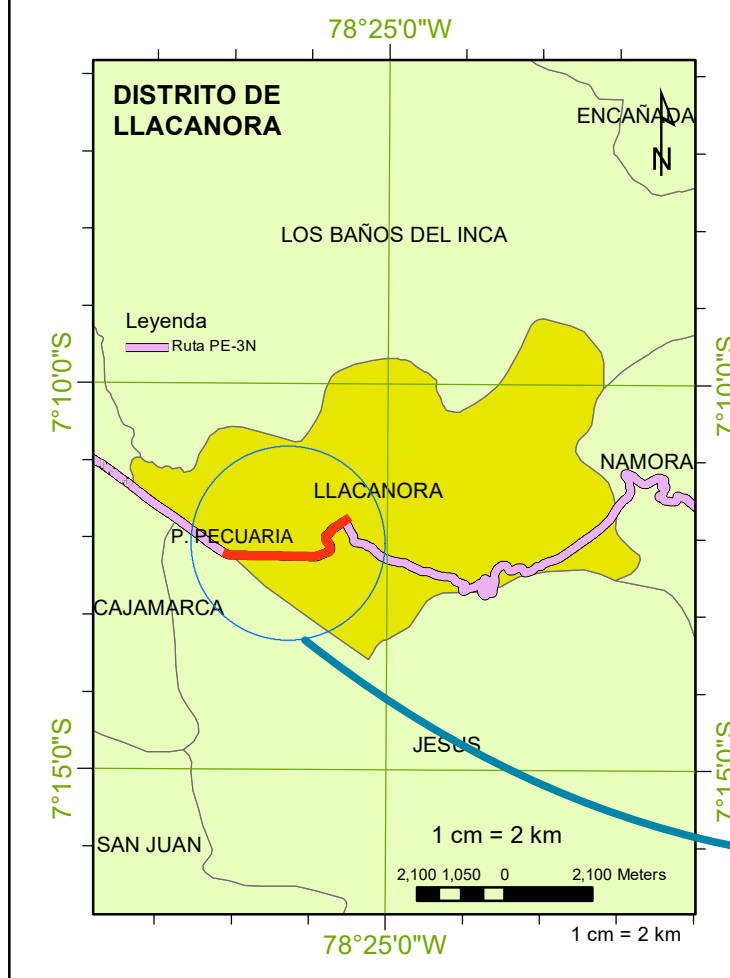
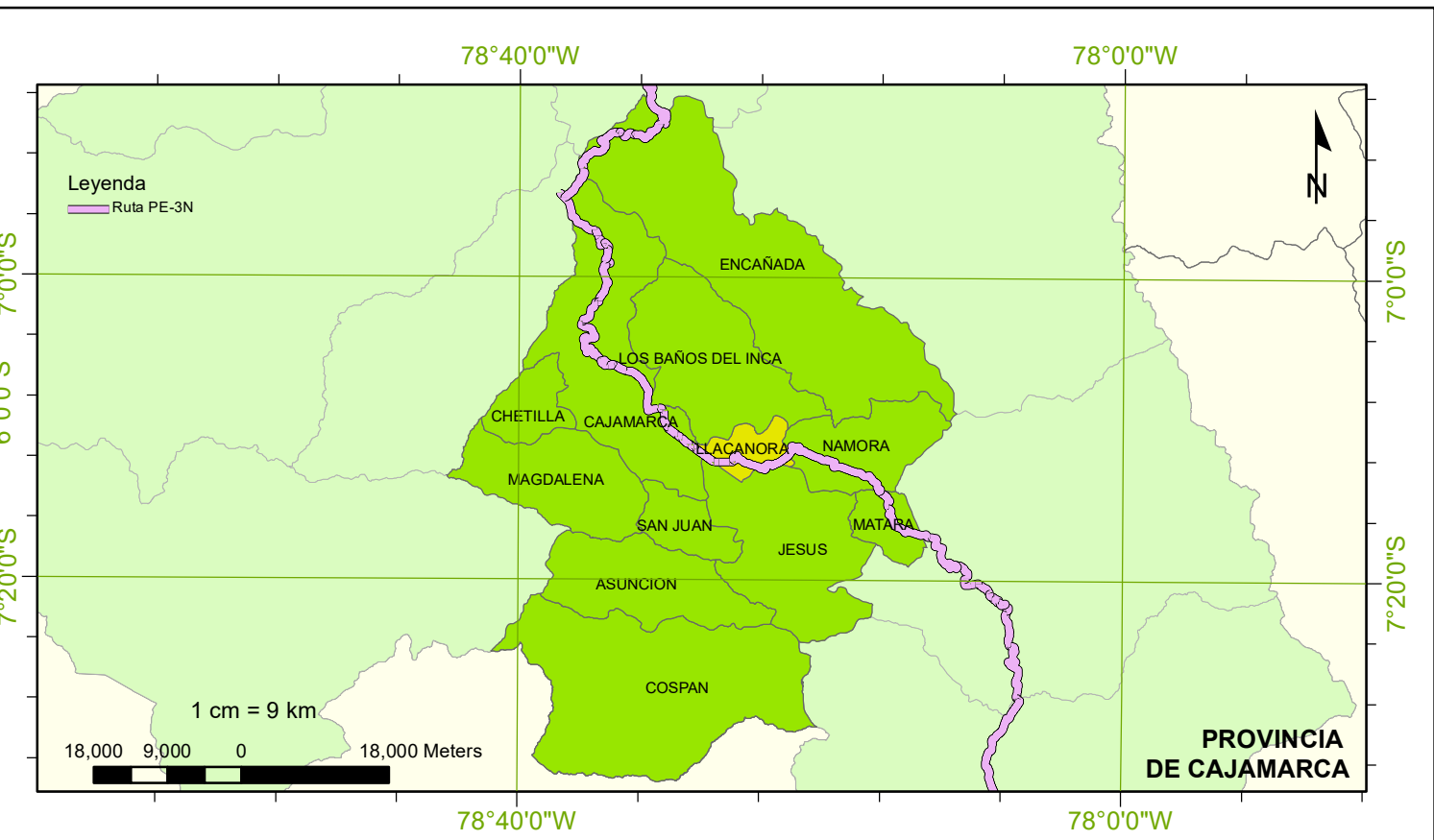
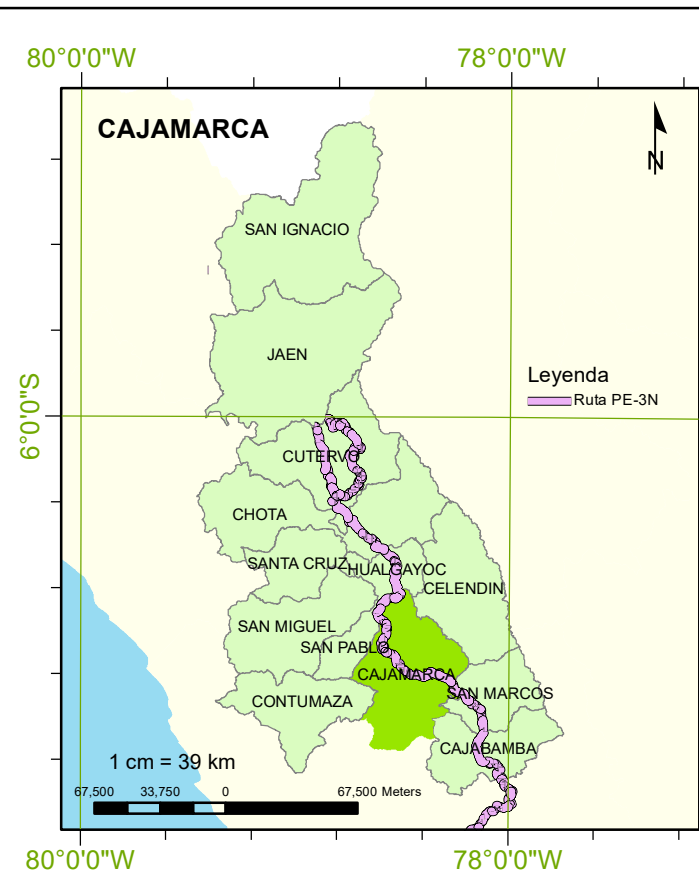
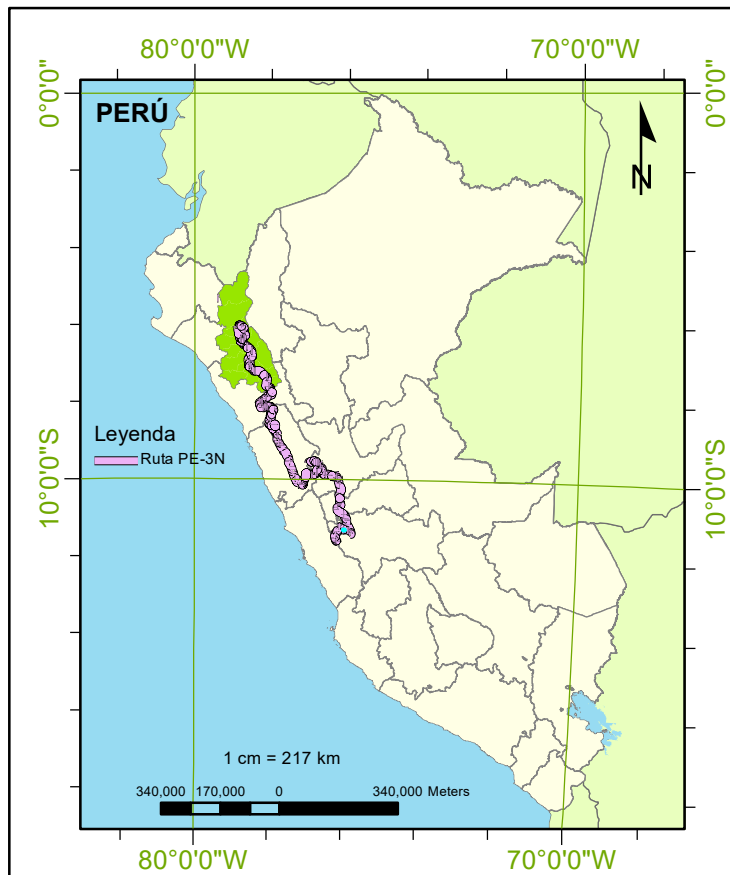
N	72	72	72
S	4430	2209	9022
PROMEDIO	61.5	30.7	125.3
MINIMO	24	12	39
MAXIMO	158	79	258
DESVIACION ESTÁNDAR	30.3	15.0	55.5
VARIANZA	915.8	223.7	3083.9

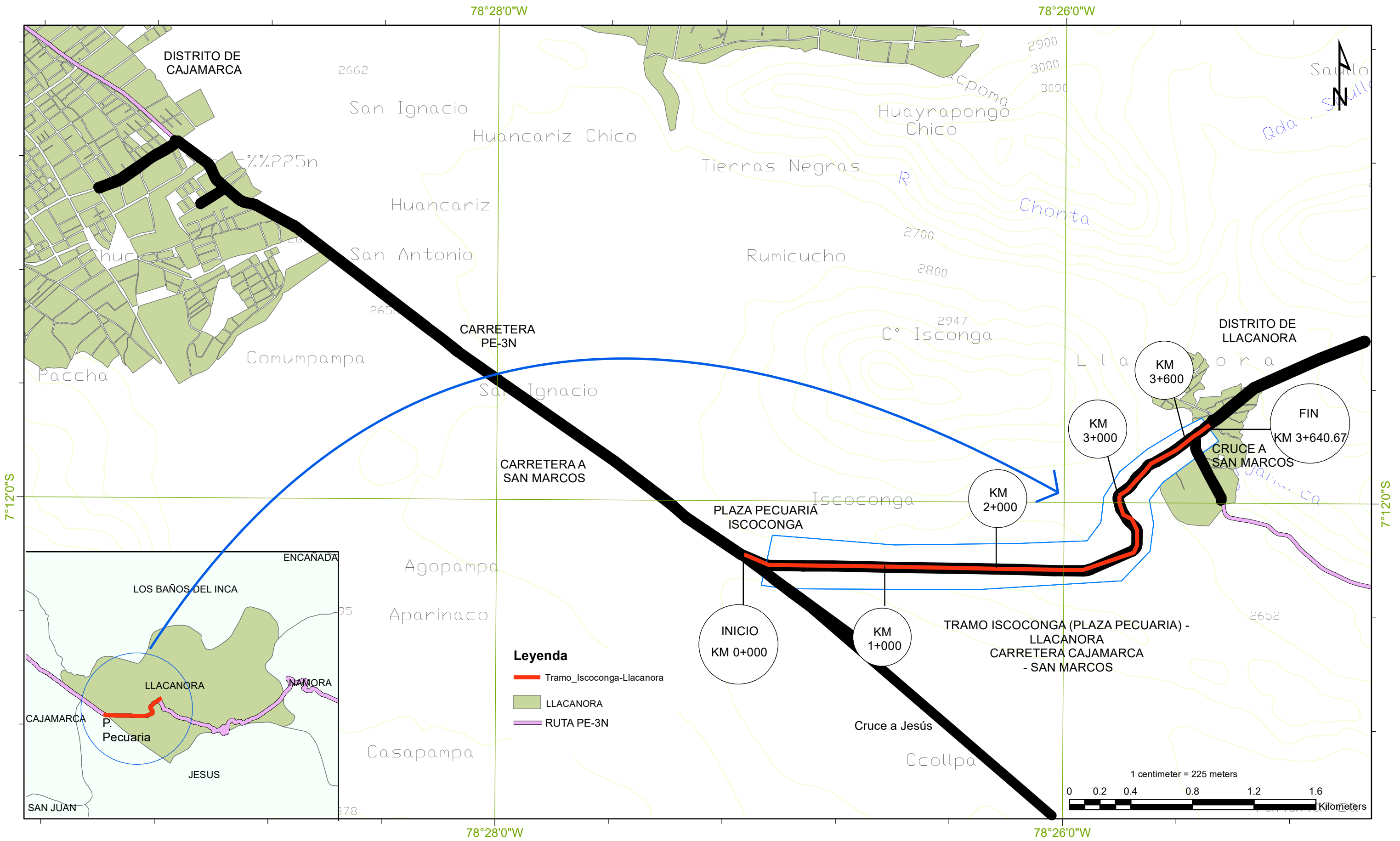
EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
REGISTRO DE CAMPO
 Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

TESIS	: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA - SAN MARCOS, TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA) - LLACANORA	Carga Eje:	4100
		Presión:	80
CARRIL	: Derecho	Factor Conversión:	4
FECHA	: ENERO 2024	Factor Estacional:	1

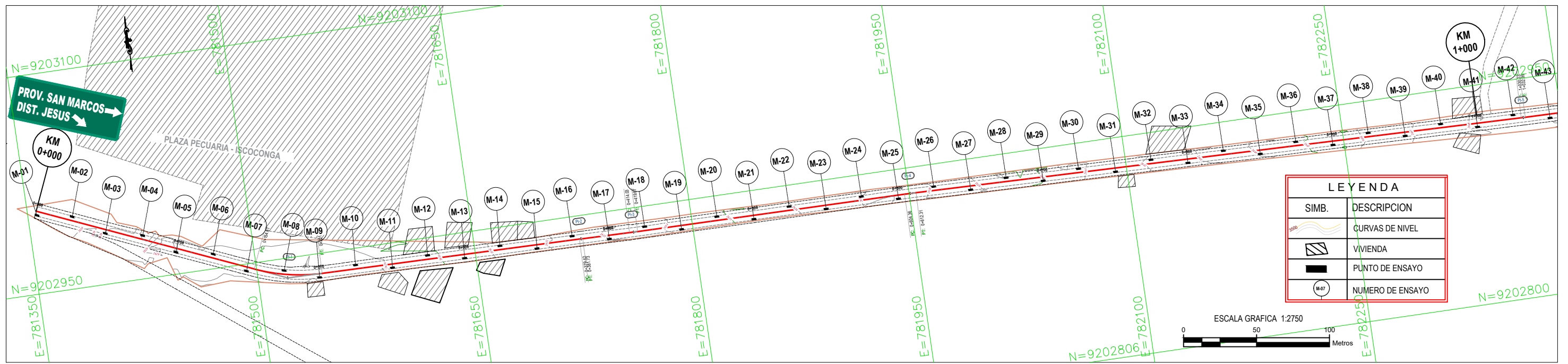
Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL								PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.	TEMP
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL		Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Pav °C
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L ₁ 0.01 mm	L ₂ 0.01 mm					
	COEFICIENTE DE VAR.								49.2	48.7	44.3		
	VALOR CARACTERISTICO								111.3	55.3	216.7		

Apéndice G. Planos

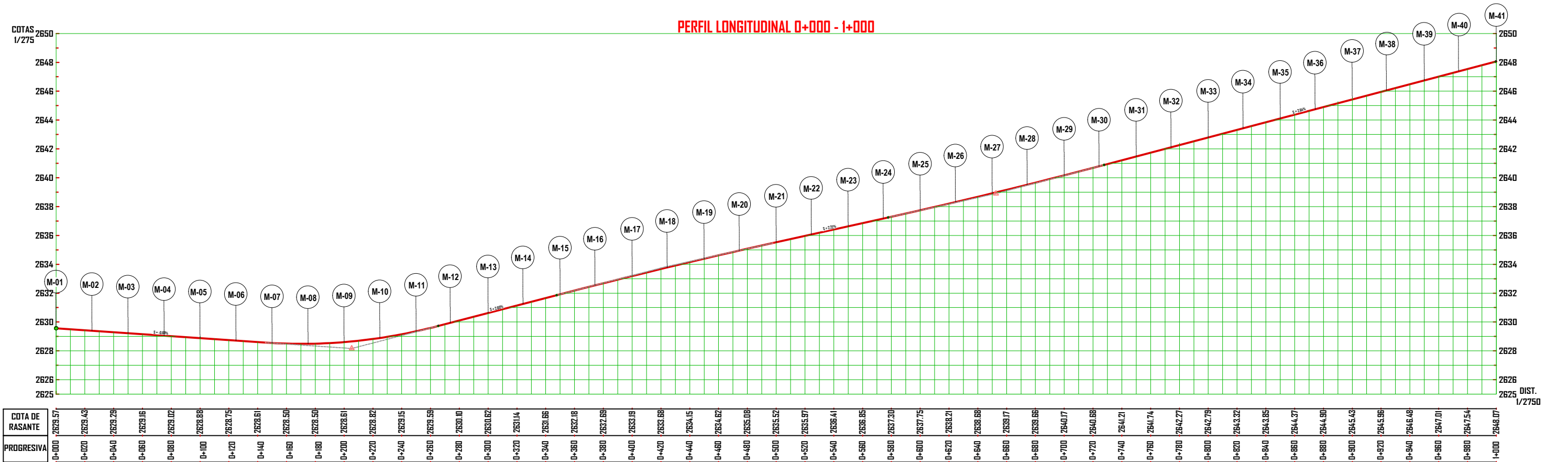




PLANTA KM 0+00 - KM 1+00



PERFIL LONGITUDINAL 0+000 - 1+000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA)- LLACANORA"

ASESOR:
M. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN

DIBUJO Y DISEÑO:
Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER

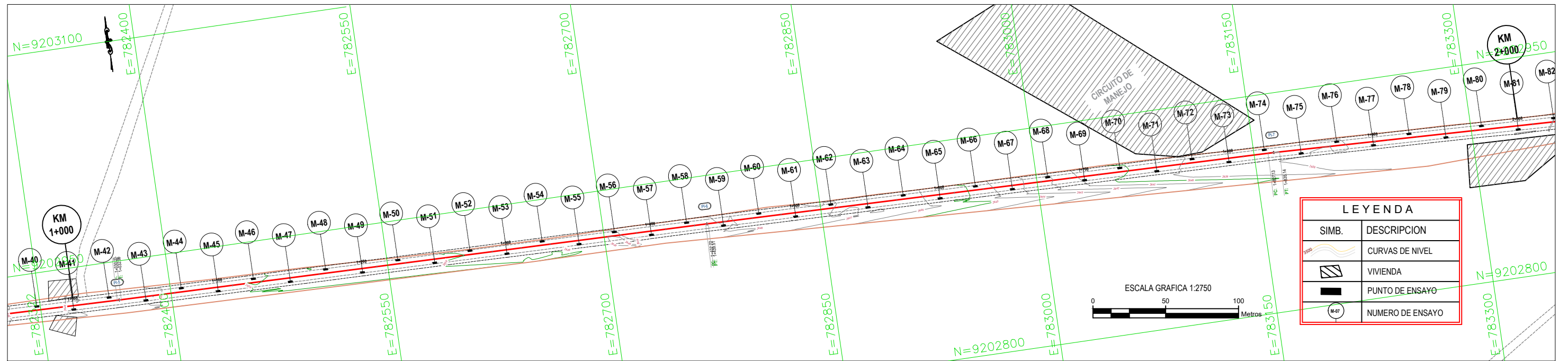
REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO:
PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km 00+000 - Km 01+000

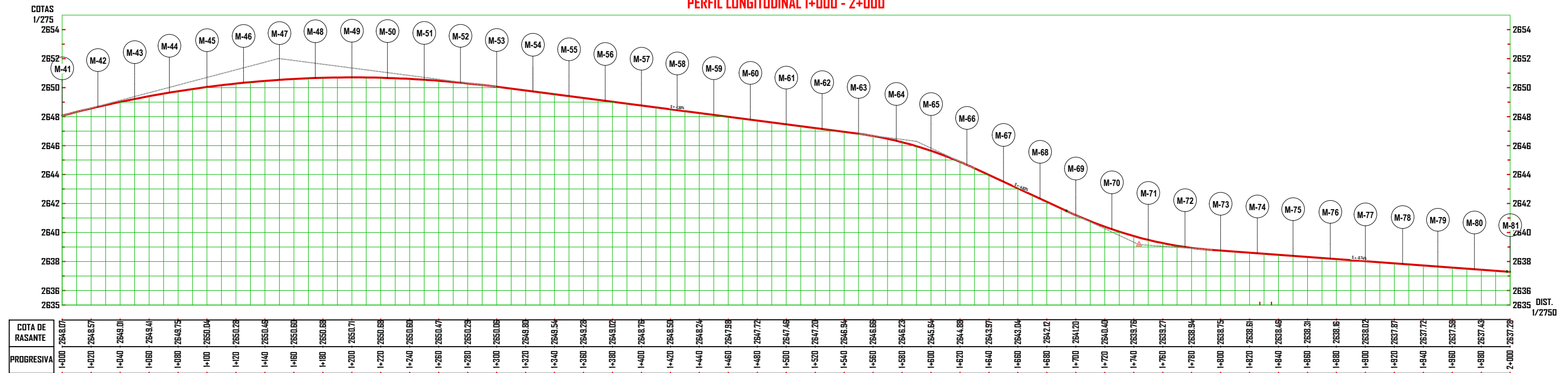
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: CAJAMARCA
ESCALA: INDICADA
FECHA: CAJAMARCA JUNIO DEL 2024


LAMINA:
PP-01

PLANTA 1+00 - 2+00

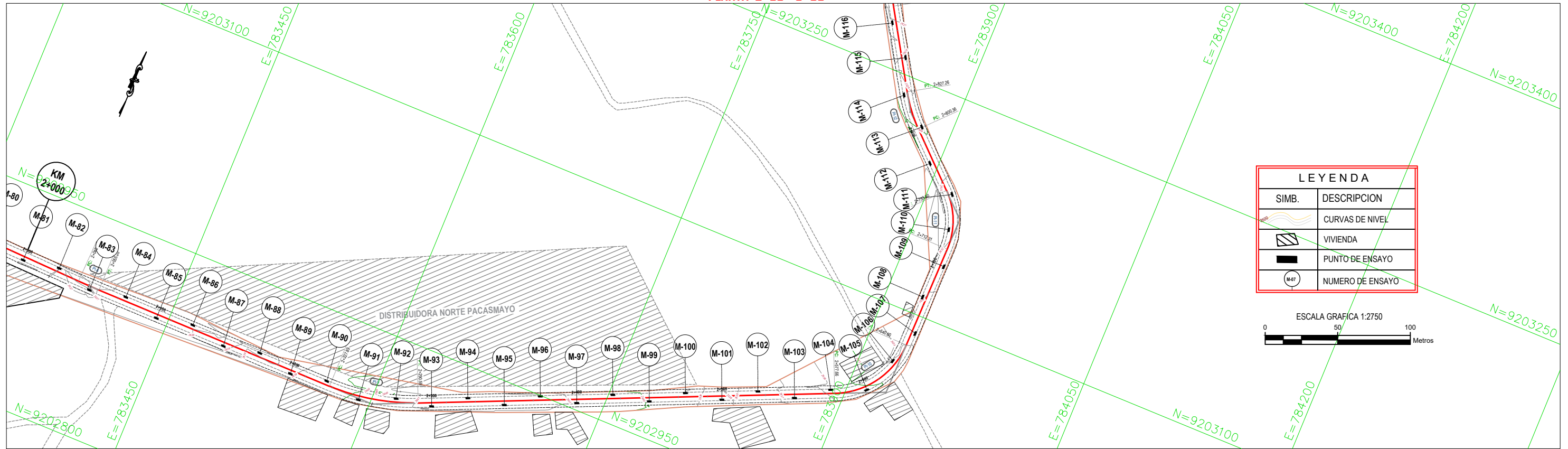


PERFIL LONGITUDINAL 1+000 - 2+000

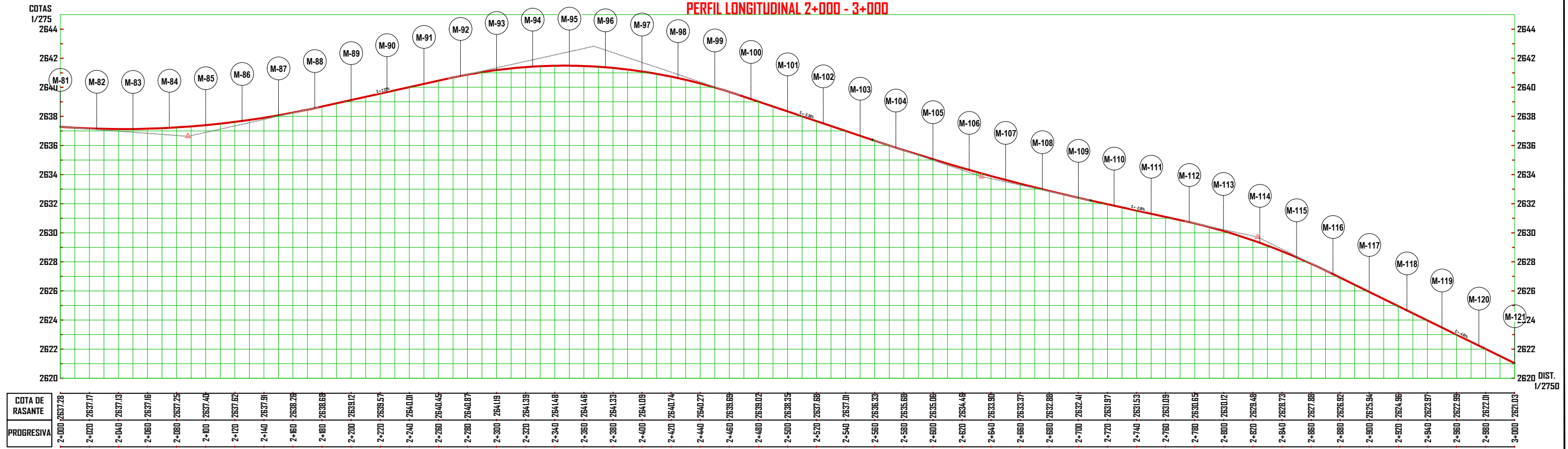


 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>TESIS: "DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA)- LLACANORA"</p>		<p>PLANO: PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km 01+000 - Km 02+000</p>		<p>LAMINA: PP-02</p>
	<p>ASESOR: M. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN</p>	<p>DIBUJO Y DISEÑO: Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER</p>	<p>REVISIA: APRUEBA:</p>	<p>REGION: CAJAMARCA PROVINCIA: CAJAMARCA DISTRITO: CAJAMARCA</p> <p>ESCALA: INDICADA FECHA: CAJAMARCA JUNIO DEL 2024</p>	

PLANTA 2+00 - 3+00



PERFIL LONGITUDINAL 2+000 - 3+000



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISOCOCONGA (PLAZA PECUARIA)- LLACANORA"

ASESOR:
M. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN

DIBUJO Y DISEÑO:
Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER

REVISAR:
APRUEBA:

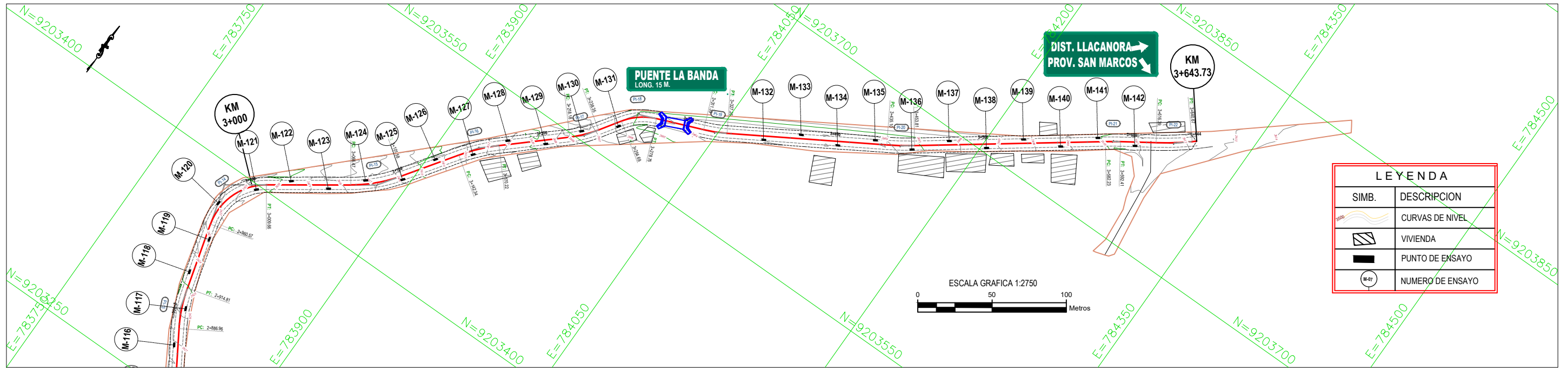
PLANO:
PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km 02+000 - Km 03+000

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: CAJAMARCA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CAJAMARCA JUNIO DEL 2024

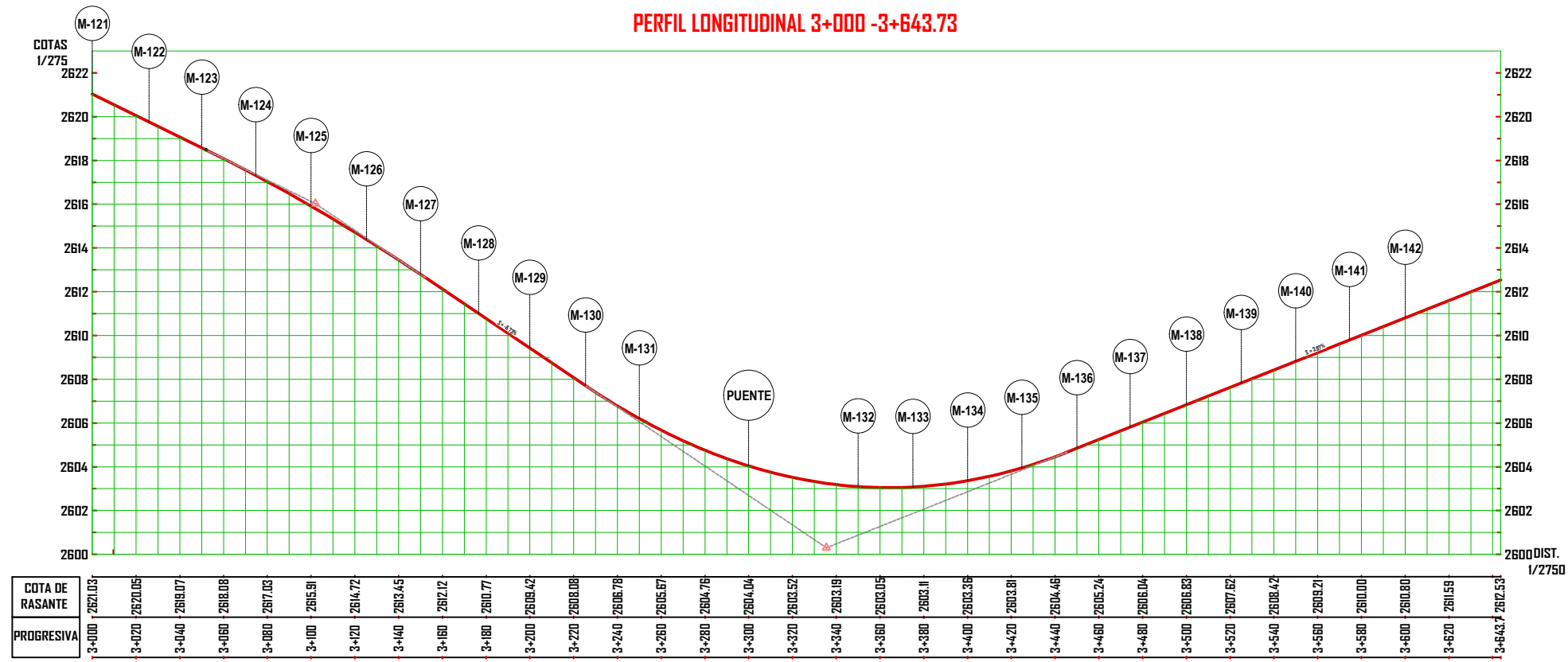
LAMINA:
PP-03

PLANTA 3+00 - 3+643



LEYENDA	
SIMB.	DESCRIPCION
	CURVAS DE NIVEL
	VIVIENDA
	PUNTO DE ENSAYO
	NUMERO DE ENSAYO

PERFIL LONGITUDINAL 3+000 - 3+643.73



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISOCOCONGA (PLAZA PECUARIA)- LLACANORA"

ASESOR:
M. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN

DIBUJO Y DISEÑO:
Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER

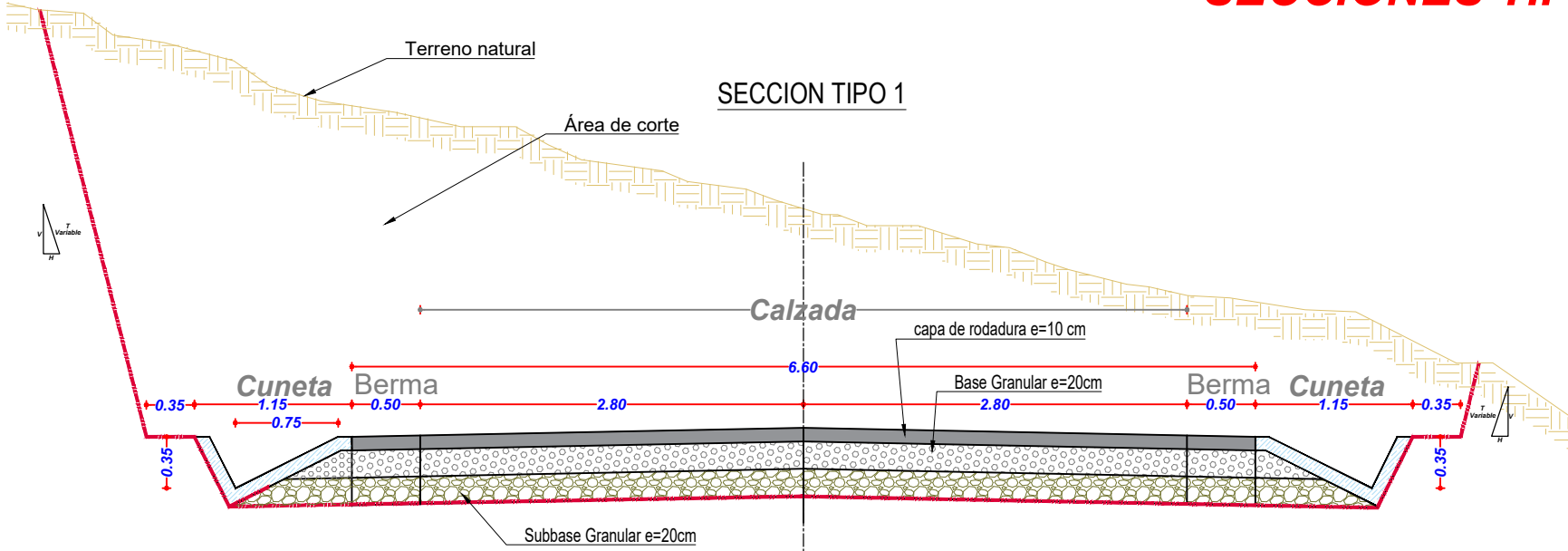
REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km 03+000 - Km 03+643.73

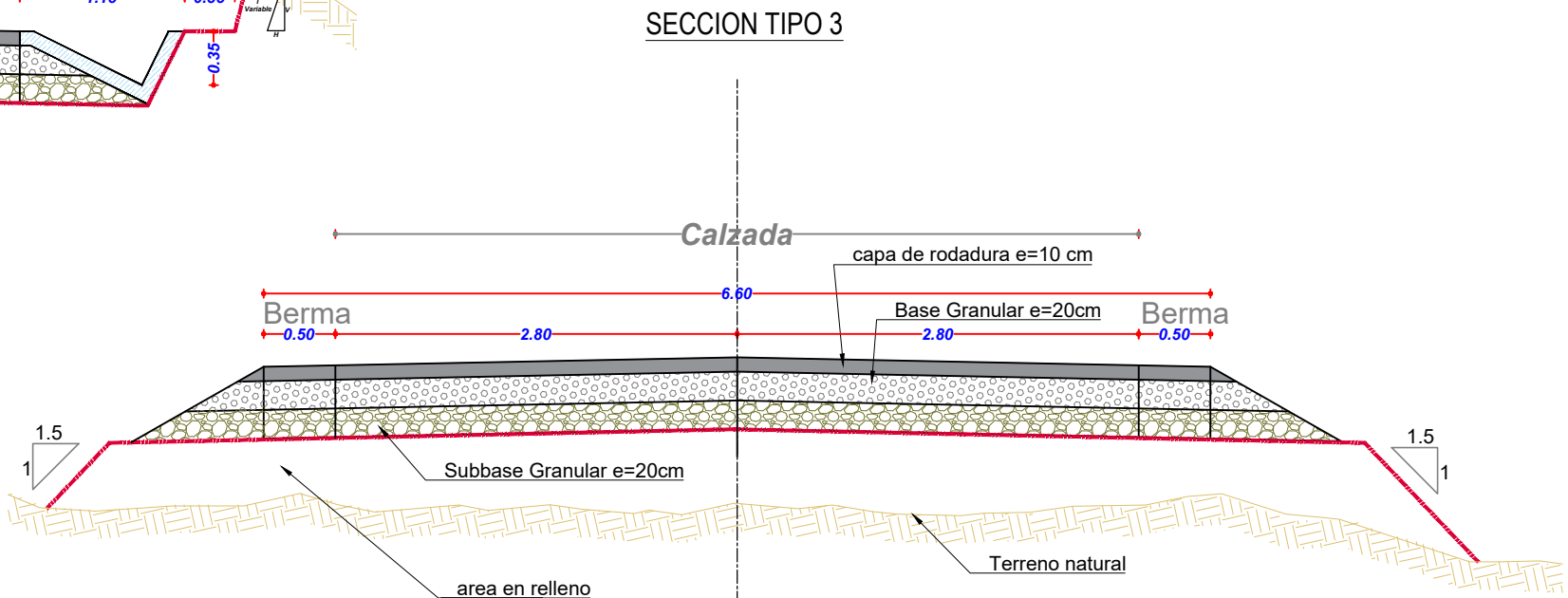
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: CAJAMARCA
ESCALA: INDICADA
FECHA: CAJAMARCA JUNIO DEL 2024

LAMINA:
PP-04

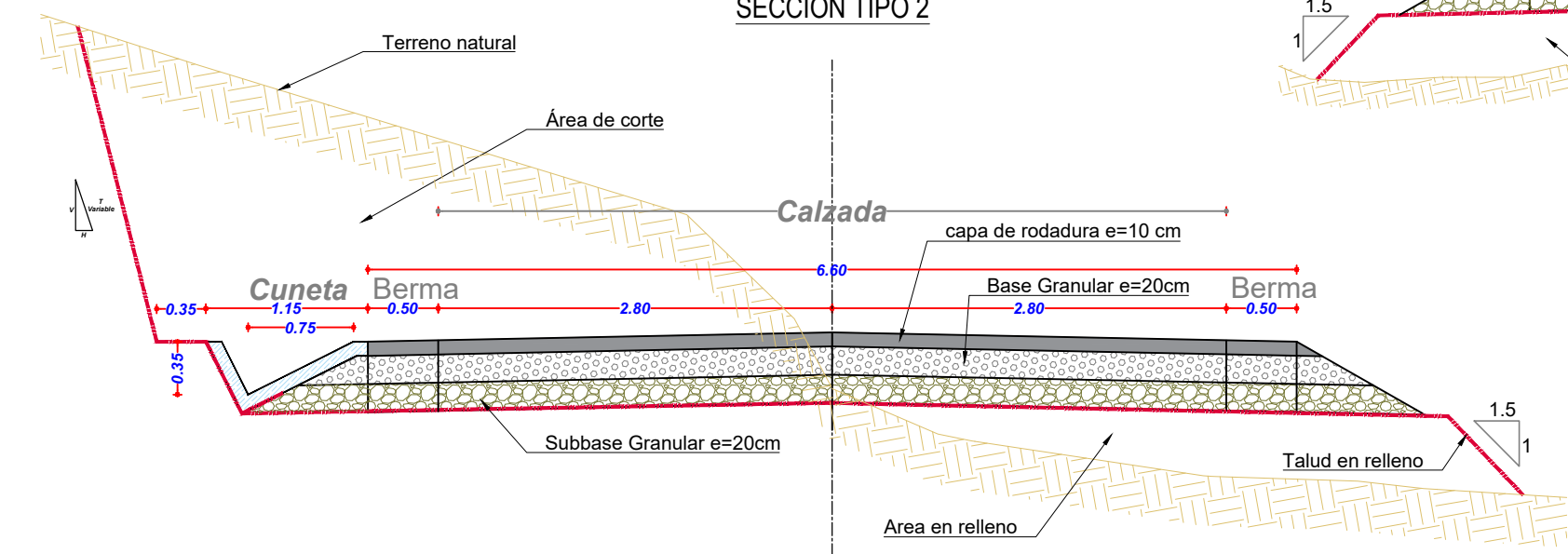
SECCIONES TÍPICAS



SECCIÓN CORTE CERRADO
Esc: 1/50



SECCIÓN EN RELLENO
Esc: 1/50



SECCIÓN MEDIA LADERA
Esc: 1/50



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CAJAMARCA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA
CAJAMARCA-SAN MARCOS; TRAMO ISCOCONGA (PLAZA PECUARIA)- LLACANORA"

ASESOR:
M. en I. Ing. TORRES TAFUR JOSÉ BENJAMÍN

DIBUJO Y DISEÑO:
Bach. BUSTAMANTE COLUNCHE JOSUÉ DILMER

REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
SECCIONES TIPICAS

REGION: CAJAMARCA ESCALA: INDICADA
PROVINCIA: CAJAMARCA FECHA: CAJAMARCA JUNIO DEL 2024
DISTRITO: CAJAMARCA

