



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROPUESTA DE CONTROL DE PESO A LOS VEHÍCULOS DE CARGA A FIN DE
MEJORAR LA CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO EN LA RUTA PE-3SF DEL
TRAMO 1, 2 Y 3, ABANCAY – APURIMAC

**Línea de investigación:
Seguridad vial e infraestructura de transporte**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autor

Sifuentes Jara, Julio César

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

Michue Salgado, Efrén Silverio

Cohello Aguirre, Rogelio Gonzalo

Sotomayor Abarca, Julio Elmer

Lima - Perú

2025

PROPUESTA DE CONTROL DE PESO A LOS VEHICULOS DE CARGA A FIN DE MEJORAR LA CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO EN LA RUTA PE-3SF DEL TRAMO 1, 2 Y 3, ABANCAY – APURIMAC

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

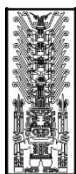
PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	www.swisslatin.ch Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	vsip.info Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROPUESTA DE CONTROL DE PESO A LOS VEHÍCULOS DE
CARGA A FIN DE MEJORAR LA CONSERVACIÓN DEL
PAVIMENTO EN LA RUTA PE-3SF DEL TRAMO 1, 2 Y 3,
ABANCAY – APURIMAC

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autor

Sifuentes Jara, Julio César

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

Michue Salgado, Efrén Silverio

Cohello Aguirre, Rogelio Gonzalo

Sotomayor Abarca, Julio Elmer

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por ser mi pilar constante y fuente de motivación.

A mis padres, por su esfuerzo, ejemplo y amor incondicional.

A mis amigos, por su compañía y aliento en los momentos difíciles. Y a Dios, por guiarme y darme fortaleza en cada etapa de este camino.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme fuerza y sabiduría, a mi familia por su apoyo incondicional, a mis docentes por su guía constante, y a quienes contribuyeron al desarrollo de este trabajo con su valiosa ayuda.

ÍNDICE

Resumen.....	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y formulación del problema	14
1.1.1. Problema general.....	15
1.1.2. Problemas específicos	15
1.2. Antecedentes.....	15
1.2.1. Antecedentes internacionales	15
1.2.2. Antecedentes nacionales	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación	18
1.5. Hipótesis	19
1.5.1. Hipótesis general	19
1.5.2. Hipótesis específicas	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	21
III. MÉTODO.....	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Ámbito temporal y espacial	25
3.3. Variables	26
3.3.1. Variable Independiente	26
3.3.2. Variable Dependiente	27
3.4. Población y muestra	27
3.5. Instrumentos	28

3.6. Procedimientos	28
3.7. Análisis de datos	47
3.8. Consideraciones éticas	86
IV. RESULTADOS	87
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
VI. CONCLUSIONES.....	107
VII. RECOMENDACIONES	108
VIII. REFERENCIAS.....	109
IX. ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de tramos del proyecto.....	31
Tabla 2 Ubicación de estaciones de conteo vehicular.	33
Tabla 3 Información de las estaciones de conteo vehicular y fecha de registro en campo.....	34
Tabla 4 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E1 – ENT. LAMBRAMA ...	35
Tabla 5 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E2 – SAL. LAMBRAMA ...	36
Tabla 6 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA	37
Tabla 7 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E4 – ENT. VILCABAMBA	38
Tabla 8 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E5 – ENT. CURASCO.....	39
Tabla 9 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E6 – ENT. PROGRESO.....	40
Tabla 10 Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO	41
Tabla 11 Descripción de las estaciones de encuestas origen - destino	42
Tabla 12 Descripción de las estaciones de censo de carga	43
Tabla 13 Ubicación de estaciones de control de velocidad	44
Tabla 14 IMDS de la estación de conteo vehicular E1 – ENT. LAMBRAMA.....	47
Tabla 15 IMDS de la estación de conteo vehicular E2 – SAL. LAMBRAMA.....	48
Tabla 16 IMDS de la estación de conteo vehicular E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA.....	48
Tabla 17 IMDS de la estación de conteo vehicular E4 – ENT. VILCABAMBA	49
Tabla 18 IMDS de la estación de conteo vehicular E5 – ENT. CURASCO	50
Tabla 19 IMDS de la estación de conteo vehicular E6 – ENT. PROGRESO	50
Tabla 20 IMDS de la estación de conteo vehicular E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO	51
Tabla 21 Resumen de IMDA para las estaciones de conteo vehicular.	52
Tabla 23 Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD1	

(Entrada).	66
Tabla 24 Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD1	
(Entrada).	66
Tabla 25 Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD1	
(Salida).....	67
Tabla 26 Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD1	
(Salida).....	67
Tabla 27 Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD2	
(Entrada).	68
Tabla 28 Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD2	
(Entrada).	68
Tabla 29 Matriz O-D del vehículo Semitrayerler 3S3 a nivel de región y distrito – Estación OD5	
(Entrada).	69
Tabla 30 Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD2	
(Salida).....	69
Tabla 31 Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD5	
(Salida).....	70
Tabla 32 Matriz O-D del vehículo Semitrayerler 3S3 a nivel de región y distrito – Estación OD5	
(Salida).....	70
Tabla 33 Resumen de Tasas de crecimiento de PBI por regiones	72
Tabla 34 Elasticidad por región determinado para el estudio.....	72
Tabla 35 Porcentaje de generación de viajes por tipo de vehículo para las estaciones EC-01 hasta EC-07.....	73
Tabla 36 Tasas de crecimiento del tráfico por estación de conteo vehicular.....	74
Tabla 37 Tráfico normal de la estación E1 – Ent. Lambrama.	75

Tabla 38 Tráfico normal de la estación E3 – Ent. Chuquibambilla.....	76
Tabla 39 Tráfico normal de la estación E4 – Ent. Vilcabamba.	77
Tabla 40 Tráfico normal de la estación E5 – Ent. Curasco.	78
Tabla 41 Tráfico normal de la estación E6 – Ent. Progreso.	79
Tabla 42 Tráfico normal de la estación E7 – Ent. Challhuahuacho.....	80
Tabla 43 Porcentaje de encuestas de la estación CC-01 (ENT. LAMBRAMA) con respecto a los vehículos aforados.	81
Tabla 44 Porcentaje de encuestas de la estación CC-02 (SAL. VELILLE) con respecto a los vehículos aforados.	81
Tabla 45 Número de ejes equivalentes por tramo en estudio.	84
Tabla 46 ESAL acumulado por año hasta el 2033 – Estaciones EC-01 hasta EC-04.	84
Tabla 47 ESAL acumulado por año hasta el 2033 – Estaciones EC-05 hasta EC-08.	85
Tabla 48 Consolidado de IMDA por ruta y tramo de vehículos ligeros.	87
Tabla 49 Consolidado de IMDA por ruta y tramo de vehículos pesados.	88
Tabla 50 Consolidado de IMDA de tráfico normal	90
Tabla 51 Consolidado de IMDA de tráfico generado.....	90
Tabla 52 Factores destructivos obtenido de la estación CC-01 – Entrada a Lambrama.....	91
Tabla 53 Factores destructivos obtenido de la estación CC-02 – Salida de Velille	91
Tabla 54 Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 01, 02, 03 y 04.	92
Tabla 55 Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 05, 06, 07 y 08.	92
Tabla 56 Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 09,10, 11 y 12.	93
Tabla 57 ESAL ACTUAL Y PROYECTADO	94
Tabla 58 IMDA proyectado al año 2033	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del área de estudio.....	26
Figura 2 Ubicación del área de estudio.....	29
Figura 3 Formatos de conteos vehiculares.....	33
Figura 4 Ubicación de las estaciones de conteo vehicular.....	34
Figura 5 Sentido de Entrada y Salida para el sentido de direccionalidad del tráfico.....	35
Figura 6 Ubicación de estaciones de encuestas origen - destino	42
Figura 7 Ubicación de la estación de censo de carga y presión de llantas.....	43
Figura 8 Ubicación de estaciones de control de velocidad	44
Figura 9 Accidentes de tránsito.....	45
Figura 10 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E1 – ENT. LAMBRAMA	53
Figura 11 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E2 – SAL. LAMBRAMA	54
Figura 12 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA	55
Figura 13 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E4 – ENT. VILCABAMBA	56
Figura 14 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E5 – ENT. CURASCO....	57
Figura 15 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E6 – ENT. PROGRESO..	58
Figura 16 Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO	59
Figura 17 Variación diaria de la estación E1 – ENT. LAMBRAMA.....	60
Figura 18 Variación diaria de la estación E2 – SAL. LAMBRAMA	60
Figura 19 Variación diaria de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA.....	61
Figura 20 Variación diaria de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA.....	62

Figura 21 Variación diaria de la estación E4 – ENT. VILCABAMBA	62
Figura 22 Variación diaria de la estación E5 – ENT. CURASCO	63
Figura 23 Variación diaria de la estación E6 – ENT. PROGRESO	63
Figura 24 Variación diaria de la estación E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO	64
Figura 25 IMD de vehículos ligeros por estación de conteo vehicular.....	88
Figura 26 IMD de vehículos carga por estación de conteo vehicular.....	89
Figura 27 Proyección del daño estructural acumulado (ESAL)	96
Figura 28 Sistema de pesaje propuesto.....	99
Figura 29 Impacto proyectado de la propuesta del pavimento	102

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo proponer un sistema de control de peso vehicular en la carretera PE-3SF, específicamente en el tramo I, II y III, con el fin de contribuir a la conservación del pavimento, la reducción de costos de mantenimiento y la mejora de la seguridad vial. La metodología empleada se basó en el análisis técnico del estado actual del pavimento, la evaluación del flujo vehicular pesado y la normativa vigente en el Perú, particularmente el D.S. N° 058-2003-MTC. Se desarrolló una revisión comparativa de los principales sistemas de pesaje: básculas fijas, portátiles y pesaje en movimiento (WIM), considerando sus características técnicas, ventajas, limitaciones y viabilidad de implementación. Los resultados del estudio señalan que el sistema WIM representa la opción más adecuada para el tramo analizado, debido a su capacidad para realizar mediciones dinámicas sin generar interrupciones significativas en el tránsito. Asimismo, se identificó como punto estratégico de control el Km 4+300, atendiendo criterios técnicos como visibilidad, accesibilidad, seguridad y disponibilidad de espacio. Se estima que la implementación del sistema propuesto permitiría prolongar la vida útil del pavimento en un 25% y reducir en aproximadamente 30% los costos asociados al mantenimiento rutinario y periódico de la vía. Finalmente, se concluye que una solución tecnológica integrada y adaptada a las condiciones del tramo contribuirá significativamente a una gestión más eficiente de la infraestructura vial y al cumplimiento de las políticas de control de carga por eje.

Palabras clave: Control de peso vehicular, conservación del pavimento, tránsito pesado

Abstract

This study aims to propose a vehicle weight control system on the PE-3SF highway, specifically in Sections I, II, and III, in order to contribute to pavement preservation, reduce maintenance costs, and improve road safety. The methodology used was based on a technical analysis of the current pavement condition, the evaluation of heavy vehicle traffic flow, and the current Peruvian regulations, particularly Supreme Decree No. 058-2003-MTC. A comparative review of the main weighing systems—fixed scales, portable scales, and Weigh-in-Motion (WIM) systems—was conducted, considering their technical characteristics, advantages, limitations, and implementation feasibility. The study results indicate that the WIM system is the most appropriate option for the analyzed segment due to its capacity for dynamic measurements without significantly disrupting traffic flow. Furthermore, Kilometer 4+300 was identified as a strategic control point based on technical criteria such as visibility, accessibility, safety, and space availability. It is estimated that the implementation of the proposed system would extend the pavement's service life by 25% and reduce routine and periodic maintenance costs by approximately 30%. In conclusion, an integrated technological solution adapted to the conditions of the section will significantly contribute to more efficient road infrastructure management and compliance with axle load control policies.

Keywords: Vehicle weight control, pavement preservation, heavy traffic.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la sostenibilidad de la infraestructura vial constituyen pilares fundamentales para el crecimiento económico y social de un país. En este contexto, la red vial nacional desempeña un rol clave en la conectividad territorial y el transporte de mercancías, especialmente en regiones con un fuerte dinamismo productivo como Apurímac. No obstante, uno de los factores más críticos que afectan negativamente la vida útil del pavimento es la circulación de vehículos de carga que exceden los límites permitidos de peso por eje. Esta situación provoca un deterioro acelerado de la estructura vial, incrementa los costos de mantenimiento y pone en riesgo la seguridad vial.

La Ruta Nacional PE-3SF, específicamente en el Tramo 1 correspondiente al ámbito de la ciudad de Abancay, presenta signos visibles de desgaste prematuro en el pavimento, atribuibles en gran parte a la circulación constante de vehículos de carga pesada sin un control efectivo de pesos y dimensiones. Esta problemática no solo afecta la conservación de la infraestructura, sino que también limita la eficiencia del transporte, eleva los costos logísticos y reduce la competitividad regional.

En ese sentido, la presente investigación tiene como objetivo principal proponer un sistema de control de peso para los vehículos de carga que transitan por

este tramo, con el propósito de mejorar la conservación del pavimento, prolongar su vida útil y reducir los gastos asociados al mantenimiento vial. Para ello, se analizarán las características de la vía, el flujo de carga existente, los puntos críticos de deterioro y la normativa vigente, a fin de sustentar técnicamente la necesidad de implementar un mecanismo de control eficiente y sostenible.

El estudio busca contribuir con propuestas viables de gestión del transporte de carga en vías nacionales, promoviendo el cumplimiento de los límites establecidos en el Reglamento Nacional de Pesos y Dimensiones, y fomentando una cultura de responsabilidad entre los

actores del transporte. De esta manera, se espera aportar al fortalecimiento de la infraestructura vial y a la mejora de la calidad del servicio de transporte en la región Apurímac.

1.1. Descripción y formulación del problema

Uno de los problemas recurrentes en el sector transporte es el deterioro constante de las vías, a pesar de las significativas inversiones realizadas por el Estado en planes de mejoramiento y conservación de la red vial nacional, regional y local. Este deterioro se agrava en aquellos tramos sometidos a intensas cargas dinámicas, como es el caso de las rutas utilizadas con frecuencia por vehículos de transporte pesado.

En particular, la ruta nacional PE-3SF, en su Tramo comprendido entre las provincias de Grau y Abancay, presenta una condición estructural deficiente, siendo calificada en gran parte de su recorrido como de estado "muy malo". Esta situación se atribuye a diversos factores, entre los que destaca la circulación de vehículos de carga que exceden los límites máximos permitidos de peso, especialmente aquellos vinculados al transporte de minerales provenientes de la minería informal.

El tránsito frecuente de unidades con sobrepeso genera un daño acelerado sobre el recubrimiento asfáltico y la estructura de la vía, provocando deformaciones, agrietamientos y pérdida de capacidad estructural, principalmente en sectores críticos como el abra Llullita. Esta problemática se ve agravada por factores climáticos, como las intensas precipitaciones, que reducen aún más la vida útil del pavimento.

Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar una solución técnica desde el enfoque de la ingeniería del transporte, que permita preservar la infraestructura vial mediante un control efectivo de los factores que inciden en su deterioro. En ese sentido, se plantea como alternativa la implementación de un sistema de control de peso vehicular, orientado a evitar la circulación de unidades con carga superior a la permitida por el Reglamento Nacional de Pesos y Dimensiones.

Para el diseño de esta propuesta, será necesario realizar un análisis integral que incluya el estudio del tráfico, la caracterización de la tipología vehicular a partir de los datos del censo de carga, y la identificación de la tecnología más adecuada para efectuar el control de peso. Asimismo, se deberá determinar el punto o los puntos óptimos para la instalación del sistema de control, considerando criterios técnicos como accesibilidad, seguridad, presencia de desvíos y condiciones operativas del flujo vehicular.

1.1.1. Problema general

¿Qué efectos generará la implementación de un sistema de control de peso vehicular sobre la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y II: Abancay – Grau, en el departamento de Apurímac?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la ausencia de control de peso a los vehículos de carga incide en el deterioro acelerado del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y II: Abancay – Grau?
- ¿Qué instrumentos o tecnologías resultan más adecuados para implementar un sistema eficiente de control de peso a los vehículos de carga en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y II: Abancay – Grau?
- ¿Cuál sería la ubicación estratégica más apropiada para instalar un sistema de control de peso que minimice la evasión por rutas alternas en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y II: Abancay – Grau?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Rodríguez (2021) planteó como objetivo evaluar la eficiencia de estaciones de pesaje para conservar el pavimento en la vía Medellín–Bogotá. Se empleó una metodología cuantitativa con análisis estadístico de datos de pesaje durante un año. Los resultados mostraron que las estaciones redujeron en un 45% los vehículos con exceso de carga. Se

concluyó que la implementación de estos sistemas al inicio y final del tramo vial optimiza la vida útil de la infraestructura.

Gómez (2020) tuvo como objetivo analizar el impacto económico del deterioro prematuro de pavimentos por vehículos sobrecargados. La metodología fue mixta, con estudios de caso y modelamiento de costos en software HDM-4. Los resultados indicaron que la ausencia de control de peso genera pérdidas anuales del 12% del presupuesto de mantenimiento. Se concluyó que el pesaje vehicular es una inversión rentable en países en desarrollo.

Fernández (2019) realizó un estudio cuyo objetivo fue proponer un sistema inteligente de pesaje en movimiento (WIM) para carreteras nacionales. Mediante una metodología experimental, se instalaron sensores WIM en la Ruta 5 Norte y se recolectaron datos por 6 meses. Los resultados evidenciaron una disminución del 30% en vehículos con exceso de carga. Se concluyó que el uso de tecnología permite un control más eficiente y menos invasivo al flujo vehicular.

Oliveira (2018) buscó determinar la relación entre el control de peso vehicular y la conservación del pavimento en rutas federales. Usó una metodología longitudinal con monitoreo de estaciones de pesaje durante 3 años. Los resultados mostraron una correlación directa entre la frecuencia de control y la reducción de deterioro vial. Se concluyó que un control regular puede extender la vida útil del pavimento hasta en 8 años.

Lee (2017) desarrolló un estudio cuyo objetivo fue evaluar el impacto de las políticas de control de peso implementadas entre 2010 y 2015. La metodología fue cuantitativa, con análisis de base de datos nacional de mantenimiento vial. Los resultados indicaron que, tras la aplicación de dichas políticas, se redujeron en un 37% los gastos en rehabilitación de pavimentos. Se concluyó que el control de peso no solo mejora la infraestructura, sino que también optimiza el presupuesto público.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Sánchez (2022) tuvo como objetivo evaluar el impacto del sobrepeso vehicular en la vida útil del pavimento flexible en la carretera Panamericana Sur, en el tramo Arequipa–Moquegua. Utilizó una metodología de investigación aplicada con análisis estructural mediante el software HDM-4 y datos de pesaje de vehículos. Los resultados revelaron que el 35% de los vehículos pesados excedían los límites permitidos, lo que reducía en un 40% la vida útil del pavimento. Se concluyó que la falta de control de peso vehicular genera un deterioro prematuro, recomendándose estaciones de pesaje fijo.

Gutiérrez (2021) desarrolló un estudio cuyo objetivo fue proponer una política de control de peso vehicular en la vía Ayacucho–Andahuaylas, empleando una metodología cuantitativa descriptiva con recopilación de datos de tránsito, inspecciones de pavimento y entrevistas a conductores. Los resultados mostraron que el 42% de los vehículos de carga superaban el límite legal, correlacionándose con fisuras y deformaciones en el pavimento. Concluyó que el control sistemático permitiría reducir en un 50% los costos de mantenimiento vial.

Torres (2020) tuvo como objetivo evaluar el estado de conservación del pavimento en la vía Huancayo–Satipo en función de la carga vehicular. Se aplicó una metodología experimental, con ensayos de deflexión y conteo vehicular durante tres meses. Los resultados evidenciaron que las fallas estructurales se concentraban en tramos con tránsito pesado no regulado. Concluyó que el control de peso es fundamental para garantizar la durabilidad del pavimento en zonas de alto tránsito logístico.

Chávez (2019) centró su investigación en la implementación de balanzas móviles en la carretera Puno–Juliaca, cuyo objetivo fue mitigar el deterioro vial por sobrepeso. Mediante una metodología piloto con monitoreo de balanza portátil y entrevistas a transportistas, los resultados indicaron que el uso de estas herramientas permitió reducir en un 28% los casos de

sobrepeso en un periodo de 6 meses. Se concluyó que el control móvil es una alternativa efectiva en vías interurbanas con alto tráfico.

Valdivia (2018) analizó los efectos del sobrepeso vehicular en las condiciones del pavimento de la carretera Central. El objetivo fue determinar la relación entre la sobrecarga y el incremento de fallas estructurales. Se usó una metodología correlacional con inspecciones visuales y uso del software Pavement Management System. Los resultados revelaron que las zonas con mayor tránsito de camiones con carga excesiva presentaban mayor nivel de ahuellamiento. Se concluyó que el control de peso debería ser obligatorio en rutas estratégicas del país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la implementación de un sistema de control de peso a los vehículos de carga en la conservación del pavimento de la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III: Abancay – Grau, en el departamento de Apurímac.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el grado de afectación del pavimento generado por la circulación de vehículos de carga con sobrepeso en el Tramo I, II y III de la ruta PE-3SF.
- Identificar los instrumentos y tecnologías más adecuados para el control de peso de vehículos de carga en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III.
- Determinar el punto o ubicación estratégica óptima para la implementación del sistema de control de peso, considerando el flujo vehicular y posibles rutas alternas de evasión.

1.4. Justificación

El presente estudio se justifica por la necesidad de preservar la infraestructura vial nacional, específicamente el Tramo I de la ruta PE-3SF entre Abancay y Grau, una vía de vital importancia para el transporte de carga en la región Apurímac. Esta ruta soporta diariamente

el tránsito de vehículos pesados, muchos de los cuales circulan con sobrepeso, acelerando el deterioro del pavimento y generando mayores costos de mantenimiento, interrupciones del tránsito y riesgos para la seguridad vial.

En ese contexto, resulta indispensable analizar los efectos del sobrepeso vehicular sobre la estructura del pavimento y proponer medidas técnicas orientadas a mitigar dicho impacto. La implementación de un sistema de control de peso constituye una alternativa eficaz y sustentable, ampliamente utilizada en países donde se prioriza la conservación vial. Este mecanismo permite regular el tránsito de vehículos de carga dentro de los límites establecidos por la normativa nacional, en especial el Reglamento Nacional de Pesos y Dimensiones.

Asimismo, el estudio reviste importancia técnica y social, ya que aportará criterios para la toma de decisiones por parte de entidades responsables de la gestión de infraestructura vial, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y los gobiernos regionales. La propuesta de ubicación estratégica para el control de peso, así como la evaluación de tecnologías adecuadas, permitirá un enfoque integral que contribuya no solo a la conservación del pavimento, sino también la reducción de externalidades negativas y el desarrollo regional sostenible.

Finalmente, la investigación busca generar un aporte académico y práctico para futuros estudios relacionados con la gestión del transporte de carga pesada y el mantenimiento vial, en un contexto donde las exigencias sobre las redes viales aumentan progresivamente.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La implementación de un sistema de control de peso a los vehículos de carga permitirá mejorar significativamente la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I: Abancay – Grau, del departamento de Apurímac.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La falta de control de peso a los vehículos de carga incide negativamente en el estado de conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I.
- El uso de tecnologías adecuadas para el control de peso vehicular contribuye a una gestión más eficiente del tránsito de carga pesada y a la protección de la infraestructura vial.
- La identificación de una ubicación estratégica para el control de peso reducirá la evasión por rutas alternas, favoreciendo el cumplimiento normativo y la conservación del pavimento.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Conservación del pavimento*

Dentro del ámbito de la seguridad vial, es necesario considerar algunos factores relevantes. La conservación del pavimento constituye una actividad fundamental para mantener la funcionalidad y la seguridad de una vía durante toda su vida útil. Esta labor incluye un conjunto de medidas técnicas orientadas a preservar las condiciones estructurales y operativas del pavimento. Según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), el deterioro prematuro del pavimento se asocia principalmente a la acción de cargas excesivas de vehículos de transporte pesado, especialmente cuando dichas cargas superan los límites establecidos en el diseño estructural de la vía.

Entre los principales tipos de deterioro ocasionados por sobrecarga figuran la formación de roderas, fisuración por fatiga, agrietamiento en bloque y fallas estructurales en la subrasante. La conservación oportuna implica, además, realizar actividades de mantenimiento periódico y rutinario, así como implementar medidas preventivas que reduzcan la tasa de deterioro, como el control efectivo del peso vehicular.

2.1.2. *Impacto del sobrepeso vehicular en la infraestructura vial*

El tránsito de vehículos de carga que exceden el peso permitido genera un daño acumulativo y exponencial sobre el pavimento. Según la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993), un incremento del 10 % en el peso por eje puede duplicar o incluso triplicar el daño estructural ocasionado en la carpeta asfáltica. Este comportamiento se sustenta en la Ley de la Cuarta Potencia, la cual establece que el deterioro del pavimento aumenta de manera proporcional a la cuarta potencia del incremento en el peso por eje. El sobrepeso reduce la vida útil del pavimento, incrementa los costos de mantenimiento y compromete la seguridad vial. Asimismo, genera externalidades económicas

para el Estado y los usuarios, al acelerar el deterioro y prolongar los tiempos de viaje. En contextos andinos como el de la región Apurímac, donde la geometría vial ya presenta condiciones exigentes, el impacto del sobrepeso puede intensificarse debido a la inestabilidad del terreno y a las condiciones climáticas propias de la zona.

2.1.3. Accesibilidad Control de peso vehicular: métodos y tecnologías

El control de peso vehicular consiste en verificar que los vehículos de carga cumplan con los límites máximos permitidos de peso bruto vehicular (PBV) y por eje, establecidos por normativa nacional. Entre los métodos más utilizados figuran el pesaje estático con balanzas fijas o portátiles, y el pesaje dinámico mediante sistemas WIM (Weigh-in-Motion). Estas tecnologías permiten monitorear grandes volúmenes de vehículos con rapidez, facilitando la detección de infracciones y reduciendo la congestión durante los controles.

Según estudios del Banco Mundial (2010), el uso de sistemas WIM estratégicamente ubicados en corredores logísticos puede reducir significativamente el nivel de sobrecarga y los costos de mantenimiento vial. En el Perú, la implementación de puntos de control ha sido parcial, y su efectividad depende no solo del equipamiento tecnológico, sino también de la fiscalización constante y de un marco legal coherente y actualizado.

2.1.4. Normativa nacional sobre el control de carga vehicular

El marco normativo peruano establece límites máximos de carga a través del Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003), el cual define los pesos permitidos según el tipo de vehículo y número de ejes, y mediante el Reglamento Nacional de Administración del Transporte, Decreto Supremo N.º 017-2009-MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009), que regula las condiciones de operación del transporte terrestre. Asimismo, el Manual de Carreteras – Evaluación del Pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) establece lineamientos técnicos para determinar la capacidad

estructural de las vías, incorporando la variable de carga por eje equivalente (ESAL).

No obstante, la aplicación efectiva de estas normativas requiere una adecuada articulación institucional y recursos suficientes para el control in situ. Las sanciones por exceso de peso se encuentran previstas en el reglamento; sin embargo, su capacidad disuasiva depende del nivel de fiscalización y del grado de evasión del control, lo cual continúa siendo un reto en diversas regiones del país.

2.1.5. Estudios previos y experiencias internacionales

Diversos estudios realizados en América Latina han demostrado que el control del peso vehicular contribuye significativamente a la reducción del deterioro vial y los costos de mantenimiento. Por ejemplo, en Colombia y Brasil se han implementado corredores logísticos con puntos fijos y móviles de control de peso que han permitido reducir hasta en un 40 % el sobrepeso vehicular. En el caso peruano, la experiencia del eje Paita–Piura–Chiclayo, controlado por Provías Nacional, ha evidenciado una reducción en el número de vehículos infractores tras la implementación de sistemas de pesaje dinámico.

2.1.6. Control de peso vehicular

Es el conjunto de medidas técnicas orientadas a verificar que los vehículos de carga no excedan los límites máximos permitidos de peso bruto vehicular, peso por eje o conjunto de ejes, con el fin de mitigar el deterioro de la infraestructura vial y fortalecer la seguridad vial, según lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020).

2.1.7. Conservación del pavimento

Consiste en una serie de actividades planificadas de mantenimiento y rehabilitación, orientadas a preservar la estructura del pavimento en condiciones óptimas de servicio, funcionalidad y seguridad, reduciendo el deterioro progresivo y los costos de reparación a largo plazo, conforme a lo señalado por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC, 2015).

2.1.8. Estación de pesaje

Infraestructura física, fija o móvil, equipada con balanzas destinadas a medir el peso de los vehículos, ya sea por eje o por peso bruto total, que permite verificar el cumplimiento de las normas de peso establecidas para el tránsito de vehículos en la red vial nacional, según lo establecido por el MTC (2020).

2.1.9. Ejes vehiculares

La señalización vial constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad y el orden en las intersecciones, al facilitar la adecuada interpretación de las normas por parte de los usuarios. Asimismo, los ejes se refieren a los conjuntos de ruedas alineadas transversalmente en un vehículo que soportan su peso. La cantidad de ejes y la distribución de la carga sobre ellos son factores determinantes en el desgaste del pavimento, según lo señalado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005).

2.1.10. Daño estructural del pavimento

Es la afectación progresiva de las capas del pavimento como consecuencia de cargas excesivas, variaciones climáticas y una conservación deficiente, manifestándose a través de grietas, baches, deformaciones y pérdida de capacidad estructural, de acuerdo con lo señalado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT, 2010).

III. MÉTODO

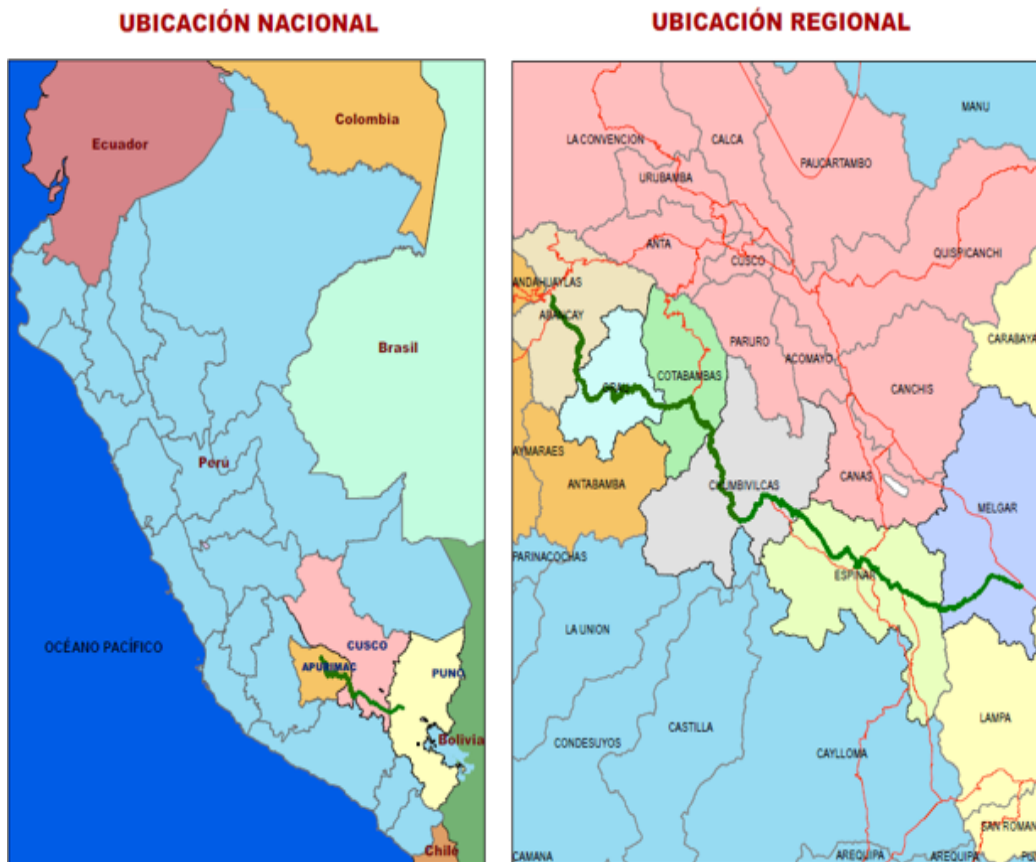
3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver una problemática concreta vinculada al impacto del peso vehicular en la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, tramo Abancay – Grau. Asimismo, se clasifica como cuantitativa, debido a que se sustenta en la recolección y análisis de datos numéricos como el peso bruto vehicular, el número de ejes, las características técnicas del pavimento y el nivel de daño estructural. En cuanto a su nivel, corresponde a una investigación descriptiva y explicativa, dado que no solo describe el estado actual de la vía en relación con el tránsito de vehículos de carga pesada, sino que también explica cómo la ausencia de control de peso vehicular contribuye al deterioro prematuro del pavimento.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El estudio se desarrollará durante el primer semestre del año 2025, abarcando las etapas de diagnóstico, recolección de información, análisis de datos y formulación de la propuesta técnica para el control de peso vehicular. Este periodo permitirá evaluar con precisión el estado actual del pavimento y el flujo de vehículos de carga en la zona de estudio.

La investigación se realizará en el tramo 1 de la Ruta Nacional PE-3SF, específicamente en el corredor vial Abancay – Grau, ubicado en el departamento de Apurímac. Esta vía es de vital importancia para el transporte de mercancías y vehículos de carga pesada, por lo que constituye un punto estratégico para la evaluación y propuesta de control de peso con el fin de conservar la infraestructura vial.

Figura 1*Localización del área de estudio*

3.3. Variables

3.3.1. *Variable Independiente*

Control de peso vehicular

- **Definición Conceptual:**

El control de peso vehicular comprende un conjunto de mecanismos normativos, tecnológicos y operativos que permiten verificar y regular que los vehículos de carga no excedan los límites máximos permitidos por eje o por peso bruto vehicular, con el propósito de prevenir daños en la infraestructura vial, conforme a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC, 2020).

- **Definición Operacional:**

En esta investigación, el control de peso vehicular se medirá mediante la existencia o ausencia de estaciones de pesaje, tipo de tecnología empleada (básculas fijas o móviles), frecuencia de fiscalización, cumplimiento de normas técnicas, y el porcentaje de vehículos controlados en la Ruta PE-3SF, tramo 1 Abancay – Apurímac.

3.3.2. *Variable Dependiente*

Conservación del pavimento

- **Definición Conceptual:**

La conservación del pavimento se refiere al conjunto de acciones preventivas y correctivas orientadas a mantener la estructura del pavimento en condiciones de servicio aceptables durante su vida útil, reduciendo el deterioro ocasionado por el tránsito vehicular y los factores ambientales, según lo señalado por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC, 2019).

- **Definición Operacional:**

La conservación del pavimento será evaluada en función de indicadores como el índice de condición del pavimento (PCI), presencia de fallas estructurales (grietas, hundimientos, deformaciones), frecuencia de intervenciones de mantenimiento, y nivel de servicio de la vía en el tramo PE-3SF, Abancay – Apurímac.

3.4. Población y muestra

La población del presente estudio está constituida por la totalidad de vehículos de carga que circulan por la Ruta PE-3SF, en los tramos 1, 2 y 3 (corredor Abancay – Apurímac),

con especial énfasis en aquellos vehículos cuyo Peso Bruto Vehicular (PBV) supera las 3,5 toneladas, por ser los que generan mayor sollicitación sobre la estructura del pavimento y, por ende, mayor impacto en su conservación.

Para la recolección de información se adoptó una estrategia muestral basada en aforos vehiculares continuos. En particular, la muestra corresponde a 7 (siete) días de aforos ininterrumpidos de 24 horas cada uno, efectuados en puntos estratégicos de los tres tramos. Esta decisión responde a la necesidad de captar la variabilidad diaria y semanal del tránsito de carga (picos horarios, diferencias entre días laborables y fines de semana, y operaciones específicas del sector minero y agroindustrial), lo cual otorga representatividad temporal suficiente para caracterizar los flujos y la incidencia de sobrepeso en la vía durante un ciclo semanal típico.

3.5. Instrumentos

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon diversos instrumentos de recolección de datos que permitan obtener información cuantitativa y cualitativa relevante. Entre ellos destacan las fichas de observación estructurada, que serán utilizadas para registrar las condiciones físicas del pavimento en los tramos seleccionados de la Ruta PE-3SF, considerando variables como fisuras, deformaciones, baches y estado de señalización.

Asimismo, se utilizaron formatos de recolección de datos técnicos provenientes de fuentes oficiales como Provías Nacional, los cuales incluirán registros de tránsito vehicular, cargas por eje y frecuencia de vehículos pesados, tanto en zonas con control de peso como en aquellas que carecen de dicho mecanismo.

3.6. Procedimientos

Para el desarrollo de la presente investigación titulada, se emplearon procedimientos metodológicos secuenciales que permitieron recopilar, analizar y sistematizar la información necesaria. Dichos procedimientos se detallan a continuación:

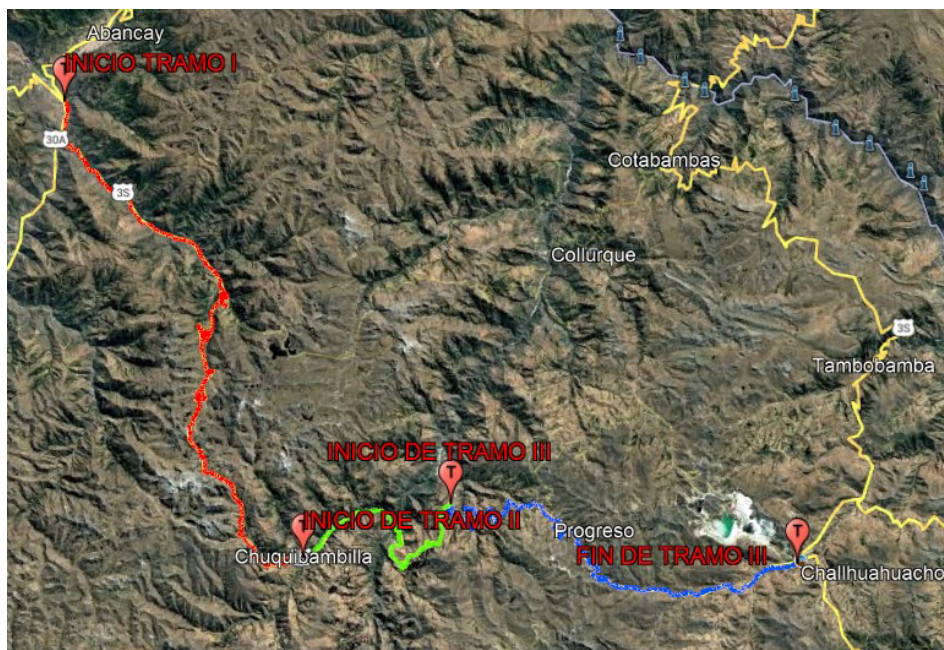
3.6.1. Ubicación del área de estudio

La ruta PE-3S F lo conforman los tramos 1, 2, y 3 se encuentra ubicado en:

- ❖ **Departamento:** Apurímac
- ❖ **Provincia:** Abancay, Grau, Cotabambas
- ❖ **Distrito:** Lambrama, circa, Chuquibambilla, Curpahuasi, Vilcabamba, Micaela Abastidas, Curasco, Progreso, Challhuahuacho.
- ❖ **Tramos:** I, II y III

Figura 2

Ubicación del área de estudio



3.6.2. Diagnóstico del área de estudio

Para llevar a cabo el diagnóstico, se consideraron los siguientes aspectos:

Condiciones del pavimento: Se realizó una inspección visual detallada del pavimento, identificando los tipos de deterioro presentes, tales como fisuras por fatiga, baches, deformaciones plásticas y pérdida de capa superficial. Estos daños se registraron mediante fichas técnicas y fotografías georreferenciadas. Se evidenció que gran parte del deterioro está

vinculado a cargas vehiculares superiores a las previstas en el diseño estructural original.

Características geométricas y funcionales: Se evaluaron las características geométricas del tramo, incluyendo ancho de calzada, pendientes, radios de curva y señalización existente. Asimismo, se verificó la funcionalidad del tramo como vía de transporte de carga, constatando que no existen puntos de control de peso ni infraestructura de pesaje a lo largo de la ruta.

Tránsito vehicular: A través de conteos vehiculares y datos proporcionados por PROVÍAS Nacional, se determinó que el flujo promedio diario (TPDA) incluye una proporción significativa de vehículos pesados, entre ellos camiones de carga tipo N2, N3 y tráileres articulados. Se identificó además que muchos de estos vehículos operan con evidente sobrepeso, lo que acelera el deterioro del pavimento.

Entorno socioeconómico: El tramo atraviesa zonas de actividad agrícola, minera y comercial, lo que genera una demanda constante de transporte de mercancías. La inexistencia de un control efectivo de peso vehicular representa una amenaza directa a la sostenibilidad de la infraestructura vial, impactando negativamente en los costos de mantenimiento y en la seguridad vial.

Condiciones institucionales y normativas: Se identificó una limitada presencia de entidades fiscalizadoras como SUTRAN o la Policía Nacional del Perú en la zona de estudio, así como la ausencia de normativas locales o regionales específicas que regulen el tránsito de carga en la ruta PE-3SF.

El diagnóstico permitió establecer que el deterioro acelerado del pavimento en el tramo Abancay – Apurímac está directamente relacionado con la falta de mecanismos de control de peso vehicular, lo cual justifica la necesidad de implementar una propuesta técnica orientada a preservar la vida útil del pavimento y mejorar la operatividad de esta infraestructura vial estratégica.

3.6.3. Determinación de tramos homogéneos

Se ha definido tres tramos de homogéneos a lo largo del corredor vial en estudio.

Tabla 1

Descripción de tramos del proyecto

Ruta	Tramo	Subtramo	Descripción del tramo		Inicio	Fin
			Inicio	Fin	(km)	(km)
PE-3S F	1	1A	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)	Entrada Lambrama	0+000	33+019
		1B	Entrada Lambrama	Sector Llullita	33+019	87+308
		1C	Sector Llullita	Chuquibambilla	87+308	101+535
	2	2A	Chuquibambilla	Km 136+000	101+535	136+169
		2B	Km 136+000	Km 141+800	136+169	141+992
		2C	Km 141+800	Curasco	141+992	146+054
		3A	Curasco	Km 163+000	146+054	163+257
	3	3B	Km 163+000	Km 190+800	163+257	191+128
		3C	Km 190+800	Entrada Record	191+128	204+748
		3D	Entrada Record	Record	204+748	205+749
		3E	Record	Ccasa	205+749	212+754
		3F	Ccasa	Ingreso Challhuahuacho	212+754	218+356
		3G	Ingreso Challhuahuacho	Challhuahuacho	218+356	219+723

Se ha identificado 3 tramos homogéneos a lo largo de la ruta, para la elaboración del estudio de tráfico y se describe a continuación con progresivas de inicio y fin de cada tramo.

Los tramos se han determinado en función a los principales nodos y/o puntos de control identificados a lo largo del corredor vial, principales desvíos hacia rutas nacionales, principales ciudades que cambian la distribución del tráfico; además se ha considerado los tramos homogéneos considerados en el estudio de tráfico del PGV ultimo.

Tramo 01: Se ha considerado tres tramos homogéneos, puesto que en el trayecto se ha identificado desvíos hacia rutas departamentales y vecinales, se ha subdividido en tres

subtramos homogéneos: subtramo 01A (Dv. Abancay – Lambrama), subtramo 01B (Lambrama – Emp. AP-113: Desvió hacia progreso ruta departamental) y subtramo 01C (Emp. AP-113: Desvió hacia progreso ruta departamental – Chuquibambilla).

Tramo 02: De la misma forma que en tramo 01 se evidencia la presencia de desvíos a rutas vecinales y/o departamentales alternas a la ruta en estudio, además la vía circula por la capital de un distrito, por ello, se ha subdividido en dos subtramos homogéneos: subtramo 02A (Chuquibambilla – Vilcabamba: capital de distrito) y subtramo 02B (Vilcabamba: capital de distrito – Curasco: capital de distrito).

Tramo 03: En el trayecto del tramo se ha identificado desvió hacia la ruta nacional PE-3S X y también la vía circula por la capital de distrito, por ende, se ha subdividido en dos subtramos homogéneos: subtramo 03A (Curasco: capital de distrito – Emp. PE-3S X: Progreso) y subtramo 03B (Emp. PE-3S X: Progreso – Challhuahuacho: capital de distrito).

3.6.4. *Conteos vehiculares*

El conteo vehicular constituye una actividad fundamental dentro del diagnóstico del área de estudio, ya que permite cuantificar y caracterizar el flujo de tránsito que circula por la ruta PE-3SF. Esta información es esencial para estimar la magnitud del impacto que ejercen los vehículos de carga sobre la estructura del pavimento y para sustentar la necesidad de implementar un sistema de control de peso.

Figura 3

Formatos de conteos vehiculares

FORMATO RESUMEN DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO																									
TRAMO DE LA CARRETERA															ESTACION										
SENTIDO															CODIGO DE LA ESTACION										
UBICACION															DIA Y FECHA										
HORA	CAMIONETA				MICRO				BUS				CAMION				SEMITRAILER				TRAILER				TOTAL
	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	4S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
00-01																									
01-02																									
02-03																									
03-04																									
04-05																									
05-06																									
06-07																									
07-08																									
08-09																									
09-10																									
10-11																									
11-12																									
12-13																									
13-14																									
14-15																									
15-16																									
16-17																									
17-18																									
18-19																									
19-20																									
20-21																									
21-22																									
22-23																									
23-24																									
TOTAL																									

Nota. Tomado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2018).

3.6.4. Estaciones de conteo

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se ha previsto realizar la ubicación de 07 estaciones de conteo vehicular a lo largo de todos los tramos que corresponde conservación periódica; ubicándose una estación para cada tramo homogéneo determinado, de preferencia en la parte media de cada, tal cual se evidencia en la siguiente tabla.

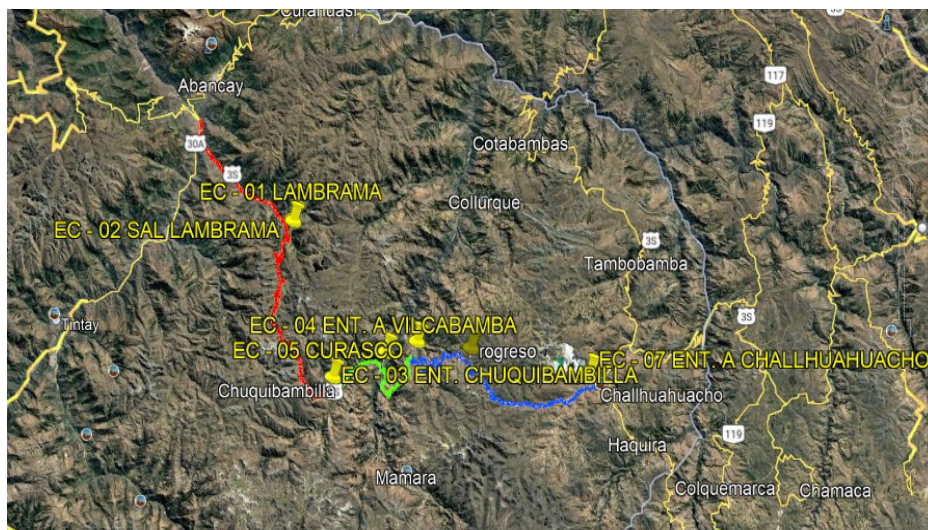
Tabla 2

Ubicación de estaciones de conteo vehicular

Estación	Nombre	Tramo	Ruta	Progresiva	Coordenadas		Zona
					Este	Norte	
EC-01	ENT. LAMBRAMA	1	PE-3SF	36+200	740896	8465728	18
EC-02	SAL. LAMBRAMA	1	PE-3SF	36+850	740857	8465652	18
EC-03	ENT. CHUQUIBAMBIL LA	1	PE-3SF	99+500	746066	8439545	18
EC-04	ENT. A VILCABAMBA	2	PE-3SF	116+600	756669	8442937	18
EC-05	CURASCO	2	PE-3SF	145+700	762592	8444255	18
EC-06	ENT. A PROGRESO	3	PE-3SF	177+200	772538	8442489	18
EC-07	ENT. A CHALHUAHUAC HO	3	PE-3SF	216+500	794552	8436807	18

Figura 4

Ubicación de las estaciones de conteo vehicular



3.6.5. Cronograma de censos vehiculares

Considerando el área de estudio, los censos vehiculares se realizaron el lunes durante una semana en el último semestre del año 2024.

Los horarios censados en los siete (07) días fueron:

- Horario: 00:00 – 24:00 h

Tabla 3

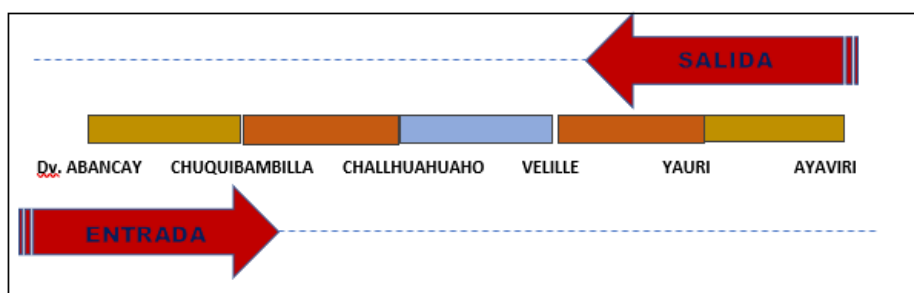
Información de las estaciones de conteo vehicular y fecha de registro en campo

N°	Tramos	Estación	Código de estación	Ruta	Prog. (Km)	Coordenadas UTM		Zona	N° Días	Duración
						Este	Norte			
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)-Lambrama	ENT. LAMBRAMA	EC-01	PE-3SF	36+200	740896	8465728	18	7	24 Hrs
2	Lambrama-Emp. AP-113	SAL. LAMBRAMA	EC-02	PE-3SF	36+850	740857	8465652	18	7	24 Hrs
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	PE-3SF	99+500	746066	8439545	18	7	24 Hrs
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	PE-3SF	116+600	756669	8442937	18	7	24 Hrs
5	Vilcabamba-Curasco	CURASCO	EC-05	PE-3SF	145+700	762592	8444255	18	7	24 Hrs
6	Curasco-Progreso	ENT. A PROGRESO	EC-06	PE-3SF	177+200	772538	8442489	18	7	24 Hrs
7	Progreso-Chalhuhauacho	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	PE-3SF	216+500	794552	8436807	18	7	24 Hrs

Para el estudio se ha determinado el sentido de entrada y salida el cual se utilizaron para todas las actividades (conteo vehicular, encuesta origen – destino, encuesta de censo de carga y control de velocidad) de la manera que se muestra a continuación.

Figura 5

Sentido de Entrada y Salida para el sentido de direccionalidad del tráfico



3.6.6. Conteo y clasificación vehicular por día

Para el estudio se ha considerado el conteo vehicular en 7 estaciones a lo largo de todo el corredor vial en estudio, que comprende la ruta PE-3SF. En las siguientes tablas se puede apreciar el aforo vehicular, por tipo de vehículo y durante los 7 días de conteo vehicular, además se evidencia la cantidad de vehículos encontrados durante la semana y el porcentaje de incidencia por día y por tipo de vehículo respecto al total; para las 07 estaciones ubicadas en la ruta PE-3SF.

Estación de conteo vehicular E1 – Ent. Lambrama

Tabla 4

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E1 – ENT. LAMBRAMA

Día de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler			Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
LUNES	E	26	28	26	20	29	0	0	0	33	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	7.74%
	S	42	19	29	16	21	0	0	0	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	6.66%
MARTES	AMB	68	47	55	36	50	0	0	0	48	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	14.40%
	OS	47	17	26	19	22	0	1	1	50	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	200	9.00%
MIÉRCOLES	E	21	15	24	11	18	0	0	1	40	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	6.57%
	S	68	32	50	30	40	0	1	2	90	32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	346	15.57%
LUNES	OS	56	15	36	27	34	0	0	0	33	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216	9.72%
	E	28	19	23	11	26	0	0	0	42	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173	7.79%

JUEVES	AMB OS	84	34	59	38	60	0	0	0	75	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	389	17.51%
	E	52	24	28	20	37	0	0	0	61	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	241	10.85%
	S AMB OS	31	14	28	8	20	0	0	0	22	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	129	5.81%
VIERNES	AMB OS	83	38	56	28	57	0	0	0	83	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	370	16.65%
	E	39	22	38	26	33	0	0	0	32	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	8.82%
	S AMB OS	25	19	25	2	24	0	0	0	36	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	6.17%
SÁBADO	AMB OS	64	41	63	28	57	0	0	0	68	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333	14.99%
	E	37	16	23	27	28	0	0	0	24	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	7.52%
	S AMB OS	7	12	14	5	19	0	0	0	29	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	4.23%
DOMINGO	AMB OS	44	28	37	32	47	0	0	0	53	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261	11.75%
	E	34	11	13	15	14	0	0	0	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	4.91%
	S AMB OS	10	10	16	6	18	0	0	0	25	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	4.23%
TOTAL		455	241	349	213	343	0	1	2	460	156	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2222	100.00%

Estación de conteo vehicular E2 – Sal. Lambrama

Tabla 5

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E2 – SAL. LAMBRAMA

Dia de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler			Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
LUNES	E	53	21	24	11	30	0	0	0	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	7.14%
	S AMB OS	47	35	25	15	37	0	0	0	22	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	194	7.96%
	AMB OS	100	56	49	26	67	0	0	0	52	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	368	15.09%
MARTES	E	31	22	34	9	15	0	0	0	46	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	6.89%
	S AMB OS	40	18	26	11	30	0	0	0	51	23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	201	8.24%
	AMB OS	71	40	60	20	45	0	0	0	97	34	1	1	0	0	0	0	0	0	0	369	15.14%
MIÉRCOLES	E	55	20	23	17	27	0	0	0	43	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	8.70%
	S AMB OS	42	26	42	13	27	0	0	0	41	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212	8.70%
	AMB OS	97	46	65	30	54	0	0	0	84	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	416	17.06%
JUEVES	E	41	20	26	13	23	0	0	0	37	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	169	6.93%
	S AMB OS	29	23	29	11	28	0	0	0	34	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	165	6.77%
	AMB OS	70	43	55	24	51	0	0	0	71	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	334	13.70%
VIERNES	E	39	17	39	15	29	0	0	0	22	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	169	6.93%
	S AMB OS	32	23	34	17	18	0	0	0	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	6.15%
	AMB OS	71	40	73	32	47	0	0	0	44	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	319	13.08%
SÁBADO	E	43	31	28	17	24	0	0	0	25	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	7.14%
	S AMB OS	20	18	17	15	21	0	0	0	37	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	5.87%
	AMB OS	63	49	45	32	45	0	0	0	62	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	13.00%
DOMINGO	E	38	35	25	17	22	0	0	0	36	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	192	7.88%
	S AMB OS	22	16	29	9	19	0	0	0	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	5.05%
	AMB OS	60	51	54	26	41	0	0	0	57	23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	315	12.92%
TOTAL		455	532	325	401	190	350	0	0	467	166	0	5	2	0	0	0	0	0	0	2438	100%

Estación de conteo vehicular E3 – Ent. Chuquibambilla

Tabla 6

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

Dia de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler			Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
LUNES	E	57	43	42	16	19	0	0	0	32	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	217	6.02%
	S	57	50	30	15	27	0	0	0	52	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	6.71%
	AMBOS	114	93	72	31	46	0	0	0	84	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	459	12.73%
MARTES	E	68	52	50	15	23	0	0	0	40	14	0	2	0	0	0	0	0	0	0	264	7.32%
	S	66	56	52	20	24	0	0	0	70	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	8.65%
	AMBOS	134	108	102	35	47	0	0	0	110	38	0	2	0	0	0	0	0	0	0	576	15.97%
MIÉRCOLES	E	60	57	53	34	9	0	0	0	51	32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	304	8.24%
	S	60	58	53	39	13	0	0	0	51	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	8.76%
	AMBOS	120	115	106	73	22	0	0	0	102	74	1	0	0	0	0	0	0	0	0	622	17.00%
JUEVES	E	54	49	41	31	11	0	0	0	49	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	259	7.18%
	S	65	52	50	23	25	0	2	1	48	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	288	7.99%
	AMBOS	119	101	91	54	36	0	2	1	97	45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	547	15.17%
VIERNES	E	66	61	43	19	25	0	0	0	54	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	289	8.10%
	S	70	50	60	27	29	0	0	0	69	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333	9.40%
	AMBOS	136	111	103	46	54	0	0	0	123	56	2	0	0	0	0	0	0	0	0	622	17.50%
SÁBADO	E	56	24	28	11	22	0	0	0	31	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179	4.96%
	S	63	26	30	16	34	0	0	0	46	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	6.32%
	AMBOS	119	50	58	27	56	0	0	0	77	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	407	11.29%
DOMINGO	E	42	23	25	16	14	0	2	2	42	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	4.99%
	S	45	21	41	15	11	0	10	4	34	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193	5.35%
	AMBOS	87	44	66	31	25	0	12	6	76	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	373	10.34%
TOTAL		455	829	622	598	297	286	0	14	7	669	277	5	2	0	0	0	0	0	0	3606	100%

Estación de conteo vehicular E4 – Ent. Vilcabamba

Tabla 7

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E4 – ENT. VILCABAMBA

Dia de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler				Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
LUNES	E	40	64	43	20	12	0	0	0	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	7.46%
	S	39	61	48	16	17	0	0	1	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	7.50%
	AMBOS	79	125	91	36	29	0	0	1	28	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	401	14.96%
MARTES	E	37	41	28	17	22	0	0	0	24	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178	6.64%
	S	33	48	27	22	14	0	0	1	14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	6.49%
	AMBOS	70	89	55	39	36	0	0	1	38	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	352	13.13%
MIÉRCOLES	E	38	57	37	26	20	0	0	0	17	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	7.50%
	S	30	50	37	22	25	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182	6.79%
	AMBOS	68	107	74	48	45	0	0	0	31	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383	14.29%
JUEVES	E	24	49	35	22	16	0	0	0	26	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	6.83%
	S	36	42	32	21	17	0	0	0	34	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212	7.91%
	AMBOS	60	91	67	43	33	0	0	0	60	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	395	14.74%
VIERNES	E	27	40	39	25	18	0	0	0	25	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	187	6.98%
	S	26	39	35	32	18	0	0	0	28	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	7.80%
	AMBOS	53	79	74	57	36	0	0	0	53	42	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	396	14.78%
SÁBADO	E	24	46	29	24	19	0	0	0	22	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	6.53%
	S	22	43	32	29	24	0	0	0	32	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199	7.43%
	AMBOS	46	89	61	53	43	0	0	0	54	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	374	13.96%
DOMINGO	E	24	42	32	18	17	0	0	0	27	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	6.34%
	S	30	59	41	14	21	0	0	0	33	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	7.80%
	AMBOS	54	101	73	32	38	0	0	0	60	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	379	14.14%
TOTAL		455	430	681	495	308	260	0	0	2	324	177	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2680	100%

Estación de conteo vehicular E5 – Ent. Curaso

Tabla 8

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E5 – ENT. CURASCO

Día de encuesta	Sentido	Auto	Stacion wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler				Trayler				Total	% INC.			
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
LUNES	E	25	15	18	3	10	0	0	0	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	6.49%
	S	32	6	21	2	13	0	0	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	6.79%
	AMBOS	57	21	39	5	23	0	0	0	22	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178	13.28%
MARTES	E	19	11	16	2	12	0	0	0	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	6.49%
	S	15	6	10	3	11	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	6.34%
	AMBOS	34	17	26	5	23	0	0	0	39	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	12.84%
MIÉRCOLES	E	23	21	18	0	12	0	0	0	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	8.13%
	S	20	13	18	4	8	0	0	0	19	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	6.79%
	AMBOS	43	34	36	4	20	0	0	0	39	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	14.93%
JUEVES	E	16	19	15	0	12	0	0	0	18	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	6.64%
	S	20	15	13	1	10	0	0	2	25	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	8.13%
	AMBOS	36	34	28	1	22	0	0	2	43	31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198	14.78%
VIERNES	E	23	22	18	2	12	0	0	0	26	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	8.96%
	S	17	17	20	1	9	0	0	0	31	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	8.66%
	AMBOS	40	39	38	3	21	0	0	0	57	32	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236	17.61%
SÁBADO	E	17	13	12	0	10	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	5.67%
	S	15	15	15	1	10	0	0	0	26	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	6.49%
	AMBOS	32	28	27	1	20	0	0	0	42	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	12.16%
DOMINGO	E	15	13	19	2	10	0	0	0	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	6.49%
	S	24	19	15	1	9	0	0	0	29	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	7.91%
	AMBOS	39	32	34	3	19	0	0	0	49	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193	14.40%
TOTAL		455	281	205	228	22	148	0	0	2	29	15	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1340	100%

Estación de conteo vehicular E6 – Ent. Progreso

Tabla 9

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E6 – ENT. PROGRESO

Dia de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler			Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
LUNES	E	21	19	25	17	12	0	2	1	29	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	8.54%
	S	10	14	15	14	9	0	1	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	4.55%
	AMBOS	31	33	40	31	21	0	3	2	39	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	13.09%
MARTES	E	23	14	27	10	7	0	0	0	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	6.08%
	S	15	13	22	6	9	0	0	0	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	5.78%
	AMBOS	38	27	49	16	16	0	0	0	33	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193	11.86%
MIÉRCOLES	E	15	12	21	25	3	0	0	0	15	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	102	6.27%
	S	21	7	22	11	11	0	0	0	38	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	8.60%
	AMBOS	36	19	43	36	14	0	0	0	53	40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	242	14.87%
JUEVES	E	23	26	25	16	13	0	0	0	32	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	8.48%
	S	17	25	14	11	10	0	0	1	10	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	102	6.27%
	AMBOS	40	51	39	27	23	0	0	1	42	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	240	14.75%
VIERNES	E	19	20	23	4	5	0	0	0	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	5.65%
	S	21	14	18	2	8	0	0	0	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	5.10%
	AMBOS	40	34	41	6	13	0	0	0	34	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	10.76%
SÁBADO	E	36	17	23	14	9	0	2	0	31	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	8.42%
	S	33	17	26	11	5	0	0	0	34	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	8.42%
	AMBOS	69	34	49	25	14	0	2	0	65	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274	16.84%
DOMINGO	E	47	23	26	10	7	0	2	0	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	8.48%
	S	34	26	28	12	13	0	0	0	27	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	9.34%
	AMBOS	81	49	54	22	20	0	2	0	47	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	17.82%
TOTAL		455	335	247	315	163	121	0	7	3	313	121	2	0	0	0	0	0	0	0	1627	100%

Estación de conteo vehicular E7 – Ent. Challhuahuacho

Tabla 10

Conteo y clasificación vehicular por día de la estación E7 – ENT.

CHALLHUAHUACHO

Día de encuesta	Sentido	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camion			Semi trayler			Trayler				Total	% INC.	
				PICKUP	PANEL	CAR		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
LUNES	E	116	73	153	37	45	4	0	0	37	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	489	5.48%
	S	137	76	115	38	38	5	0	0	49	33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	492	5.52%
	AMBOS	253	149	268	75	83	9	0	0	86	57	1	0	0	0	0	0	0	0	0	981	11.00%
MARTES	E	265	146	179	37	73	1	0	0	51	24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	777	8.71%
	S	206	135	164	43	65	0	0	0	59	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	7.85%
	AMBOS	471	281	343	80	138	1	0	0	110	52	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1477	16.56%
MIÉRCOLES	E	236	145	201	23	52	2	0	0	42	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	712	7.98%
	S	244	105	161	23	44	5	0	0	38	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	634	7.11%
	AMBOS	480	250	362	46	96	7	0	0	80	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1346	15.09%
JUEVES	E	209	122	193	33	32	1	0	0	38	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	646	7.24%
	S	190	99	142	32	41	1	0	0	46	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	570	6.39%
	AMBOS	399	221	335	65	73	2	0	0	84	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1216	13.63%
VIERNES	E	218	159	133	23	46	0	0	0	37	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	631	7.07%
	S	185	125	127	18	40	0	0	0	37	19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	554	6.21%
	AMBOS	403	284	260	41	86	0	0	0	74	33	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1185	13.28%
SÁBADO	E	258	104	139	17	61	0	0	0	48	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	646	7.24%
	S	225	97	138	17	62	0	0	0	38	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	6.63%
	AMBOS	483	201	277	34	123	0	0	0	86	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1237	13.87%
DOMINGO	E	322	133	169	18	103	3	0	0	42	7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	799	8.96%
	S	293	115	118	9	99	5	0	0	31	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	679	7.61%
	AMBOS	615	248	287	27	202	8	0	0	73	16	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1478	16.57%
TOTAL		455	3104	1634	2132	368	801	27	0	0	593	252	7	0	0	1	1	0	0	0	8920	100%

3.6.7. Ubicación de estaciones origen/ destino

Se ha ubicado 3 estaciones en las rutas del corredor vial en estudio y una estación en una ruta externa a la del corredor vial en estudio.

Tabla 11*Descripción de las estaciones de encuestas origen - destino*

Código	Nombre	Tramo	Ruta	Prog.	Coordenadas UTM		Huso
					ESTE	NORTE	
OD-01	LAMBRAM A	Emp. PE-3S (Dv. Abancay) - Ingreso a Challhuahuacho	PE-3SF	36+200	740896.00	8465728.00	18 S
OD-02	CHALLHUA HUACHO	Ruta Alternativa (PE-)	PE-3SF	-	797259.00	8437614.00	18 S

Figura 6*Ubicación de estaciones de encuestas origen - destino*

3.6.8. Ubicación de estaciones del censo de carga (Pesaje)

El objetivo del estudio de censo de carga es determinar las cargas transmitidas al pavimento por vehículo pesado como: la presión de contacto de las llantas, los factores destructivos del pavimento o los factores de carga equivalente (FCE) que vienen circulando en la carretera.

Para el proyecto en estudio se ha realizado el censo de carga en cuatro (04) estación CC-01 (Entrada a Lambrama), CC-02 (Salida de Velille), CC-03 (Huancane bajo) y

CC4 (Salida de Umachiri), estaciones que se encuentran dentro de las rutas del corredor vial en estudio.

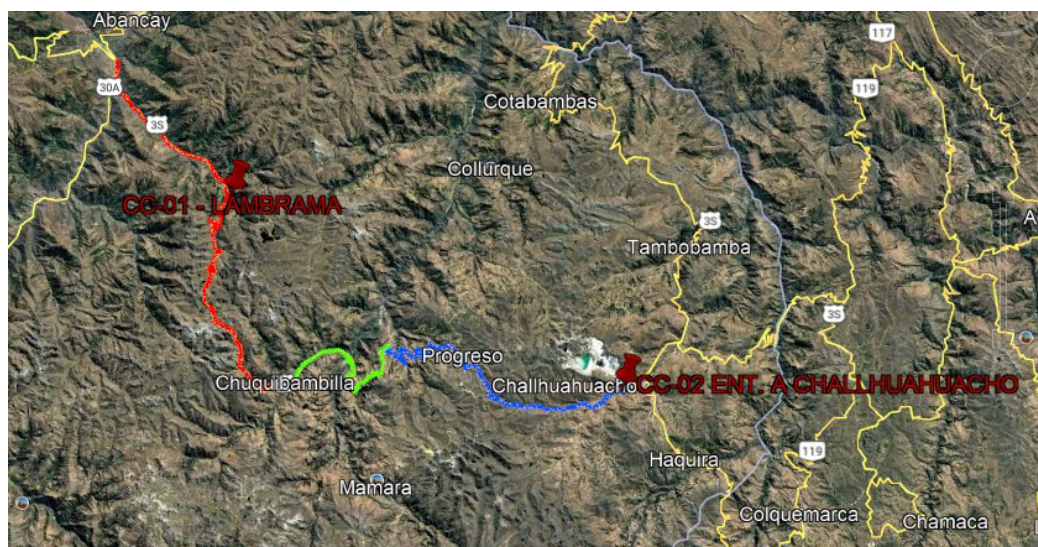
Tabla 12

Descripción de las estaciones de censo de carga

Estación	Nombre	Descripción del tramo	Ruta	Estaciones de censo de carga		Huso	Progresiva
				Coordenadas UTM			
				ESTE	NORTE		
CC-01	LAMBRAM A	Emp. PE-3S (Dv. Abancay) - Ingreso a Challhuahuacho	PE-3SF	740896.00	8465728.00	18 S	36+200
CC-02	SAL DE VELILLE	Chalhuahuacho - Yauri	PE-3SG	192310.00	8393617.00	19 S	158+700
CC-03	SAL. DE ESPINAR	Yauri - Dv. Ocoruro	PE-3SG	249124.00	8360815.00	19 S	259+130
CC-04	SAL. DE HUMAHIRI	Dv. Ocoruro - Emp. PE-3S (Ayaviri)	PE-3SG	312265.00	8357505.00	19 S	343+100

Figura 7

Ubicación de la estación de censo de carga y presión de llantas



3.6.9. Ubicación del control de velocidad

Se ha ubicado en total 12 estaciones de control, según se muestra la siguiente tabla.

Tabla 13*Ubicación de estaciones de control de velocidad*

Estaciones de velocidad				
Tramo	Descripción de tramo	Ruta	Estación	Progresivas
TRAMO 01	Emp. PE-3S (Dv. Abancay) - Lambrama		V01 - V02	0+590 - 35+300
TRAMO 02	Lambrama - Chuquibambilla		V03 - V04	37+070 - 100+070
TRAMO 03	Chuquibambilla - Vilcabamba	PE-3SF	V05 - V06	102+995 - 116+740
TRAMO 04	Vilcabamba - Curasco		V07 - V08	118+200 - 145+860
TRAMO 05	Curasco - Progreso		V09 - V10	146+380 - 177+460
TRAMO 06 y 07	Progreso - Challhuahuacho		V11 - V12	178+580 - 204+710

Figura 8*Ubicación de estaciones de control de velocidad*

3.6.10. Estadísticas de accidentes y puntos negros

Los accidentes de tránsito representan en la actualidad un grave problema de salud pública. La enfermedad, discapacidad y muerte que ocasionan genera una enorme carga económica y social, dado que afectan predominantemente a la población joven a nivel mundial. Los accidentes de tránsito causan la muerte de un promedio de 3.242 personas por día, o 1,2 millones por año, según el estudio “Prevención de las Lesiones por Accidentes de Tránsito”, publicado en Ginebra.

El 90 por ciento de las muertes por accidentes de tránsito se producen en los países de medianos y bajos ingresos, donde la mayoría de las víctimas son peatones, motociclistas, ciclistas y pasajeros, a menudo de los medios de transporte público. La mayor parte de esas personas nunca podrían permitirse la adquisición de un vehículo de motor privado.

El Perú; no es ajeno a esta problemática, los accidentes de tránsito han generado a nivel nacional la muerte de 25,053 personas (en el período 1 998 – 2005), cifra que representa un aproximado del 40 % del total de muertes que tuvimos como resultado de 20 años de terrorismo en el Perú.

Reporte de accidentes por comisarías de influencia



Para el reporte de accidentes y puntos negros a lo largo de todo el corredor vial en estudio, se solicitó información estadística acerca de los accidentes de tránsito entre los años 2017 – 2022 (antigüedad no mayor a 5 años) a las comisarías que tienen su jurisdicción dentro del corredor vial en estudio.

Figura 9

Accidentes de tránsito

DATOS ESTADÍSTICOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO DE LOS AÑOS 2016 - 2022			
N°	ACCIDENTE DE	TIPO DE ACCIDENTE DE TRANSITO	LUGAR DEL ACCIDENTE DE TRANSITO
1	1/03/2018	CHOQUE Y FUGA	CARRETERA ABANCAY - LAMBRAMA, REF: PUENTE SAHUINTO
2	13/03/2018	CHOQUE Y FUGA	CARRETERA ALQUIBAMBA - ABANCAY, REF PUENTE SAHUINTO
3	1/08/2019	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	PASAJE PLAZA PRINCIPAL DE LAMBRAMA
4	12/12/2019	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	CARRETERA LAMBRAMA - ABANCAY, SECTOR DE CHALLHUAPUQUIO
5	27/12/2019	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES	CARRETERA LAMBRAMA - CHUQUIBAMBILLA, SECTOR KELLOCCACCA
6	17/02/2020	CHOQUE	COMUNIDAD DE ATANCAMA - LAMBRAMA
7	16/03/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES	LAMBRAMA KM 18+180 - PUENTE CHOQUEMARAY
8	31/02/2020	DESPISTE CON DAÑOS MATERIALES	CARRETERA LAMBRAMA - CHUQUIBAMBILLA, KM 52+160
9	2/04/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	SECTOR CHACCHUAPUQUIO - COMUNIDAD DE SUNCHO - LAMBRAMA
10	5/07/2020	DESPISTE	COMUNIDAD SOCCOSPAMPA - LAMBRAMA
11	8/07/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	SECTOR HUARAMPATA ALTA - LAMBRAMA
12	23/07/2020	ATROPELLO	COMUNIDAD DE URPIPAMPA - LAMBRAMA
13	22/08/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	CARRETERA LAMBRAMA - CHUQUIBAMBILLA, SECTOR CCOSQPATA
14	28/08/2020	CHOQUE CON RASPADA	CARRETERA LAMBRAMA - CHUQUIBAMBILLA, SECTOR UNCA
15	10/09/2020	VOLCADURA CON DAÑOS MATERIALES	SECTOR MATARA - LAMBRAMA
16	25/09/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	CARRETERA LAMBRAMA - ABANCAY, SECTOR HUARAMPATA
17	12/10/2020	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES	SECTOR DE CHIRHUAY - LAMBRAMA
18	18/01/2021	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES	CARRETERA CHUQUIBAMBILLA - LAMBRAMA
19	1/07/2021	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES	SECTOR SUNCHO - LAMBRAMA
20	4/11/2021	DESPISTE CON LESIONES	SECTOR MATARA - LAMBRAMA
21	10/11/2021	DESPISTE CON DAÑOS MATERIALES	PUENTE PACCAYPATA - LAMBRAMA
22	28/11/2021	VOLCADURA CON RESULTADO FATAL	SECTOR DE LUCUANAS - LAMBRAMA
23	4/12/2021	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	AV. ALIANZA - LAMBRAMA

Lambrama, 20 de marzo del 2022

S.A. 30859610
Eugenio ROSA TINOCO.
SB, PNP.
COMISARIO.

3.6.11. Suficiencia y capacidad de la infraestructura vial existente

La evaluación de la suficiencia y capacidad de la infraestructura vial existente en el tramo 1,2 y 3 de la ruta nacional PE-3SF – Abancay, se desarrolló con el propósito de identificar si las características actuales de la vía permiten soportar adecuadamente el tránsito de vehículos de carga, tanto en términos estructurales como operacionales.

a) Capacidad vial operativa

Con base en los lineamientos del Manual de Carreteras DG-2018 – Diseño Geométrico del MTC (2018), se consideraron el número de carriles, el ancho de la calzada y la funcionalidad de la vía. En ese marco, se observó lo siguiente:

El tramo cuenta con una calzada bidireccional de dos carriles (uno por sentido), con un ancho promedio de 6.60 metros, sin bermas pavimentadas ni carriles de sobrepaso.

No existen bahías de detención ni zonas de descanso para vehículos pesados.

Las pendientes longitudinales superan el 7% en tramos puntuales, lo cual incrementa la exigencia mecánica sobre los vehículos y favorece la reducción de velocidad.

El Índice de Capacidad (IC) estimado se encuentra en el orden de 0.65, lo que corresponde a un nivel de servicio C (flujo estable con alguna restricción), cercano al límite de saturación en horas punta.

b) Suficiencia estructural

Respecto a la resistencia del pavimento frente al tránsito de carga, se identificaron deficiencias estructurales críticas, que se resumen en:

El diseño estructural original no contempla el nivel actual de tránsito pesado, especialmente por el crecimiento no previsto del transporte minero y agroindustrial.

El pavimento presenta signos de fatiga avanzada y deformación permanente, lo que evidencia una insuficiencia estructural frente a cargas superiores a los 8.2 toneladas por eje simple.

No existen dispositivos de control de carga como estaciones de pesaje, lo que permite el paso constante de vehículos con sobrepeso, acelerando el deterioro.

Se estima que el factor de daño acumulado (FDC) supera en un 60% lo previsto por el diseño tipo para una carretera nacional de clase II.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Tráfico vehicular promedio diarios

Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico de cada uno de los tramos de la carretera, red vial nacional, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos.

En los cuadros se muestran los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la clasificación horaria y total para cada día de trabajo; así como el promedio semanal por sentido y el consolidado para ambos sentidos, para cada una de las estaciones predeterminadas.

Estación de conteo vehicular E1 – Ent. Lambrama

Tabla 14

IMDS de la estación de conteo vehicular E1 – ENT. LAMBRAMA.

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-01
Automóvil + Station Wagon	100
Camioneta (Pick up/Panel)	80
C. Rural	49
Micro	0
Bus 2E	0
Bus 3E	0
Camión 2E	66
Camión 3E	23
Camión 4E	0
Semi Trayler 2S1/2S2	0
Semi Trayler 2S3	0
Semi Trayler 3S1/3S2	0
Semi Trayler >=3S3	0
Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0

Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	318

Estación de conteo vehicular E2 – Sal. Lambrama

Tabla 15

IMDS de la estación de conteo vehicular E2 – SAL. LAMBRAMA

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-02
Automóvil + Station Wagon	123
Camioneta (Pick up/Panel)	85
C. Rural	50
Micro	0
Bus 2E	0
Bus 3E	0
Camión 2E	67
Camión 3E	24
Camión 4E	0
Semi Trayler 2S1/2S2	0
Semi Trayler 2S3	0
Semi Trayler 3S1/3S2	0
Semi Trayler >=3S3	0
Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0
Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	349

Estación de conteo vehicular E3 – Ent. Chuquibambilla

Tabla 16

IMDS de la estación de conteo vehicular E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-03
Automóvil + Station Wagon	208
Camioneta (Pick up/Panel)	128
C. Rural	41
Micro	0
Bus 2E	2
Bus 3E	1
Camión 2E	96

Camión 3E	39
Camión 4E	1
Semi Trayler 2S1/2S2	0
Semi Trayler 2S3	0
Semi Trayler 3S1/3S2	0
Semi Trayler >=3S3	0
Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0
Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	516

Estación de conteo vehicular E4 – Ent. Vilcabamba

Tabla 17

IMDS de la estación de conteo vehicular E4 – ENT. VILCABAMBA

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-04
Automóvil + Station Wagon	159
Camioneta (Pick up/Panel)	114
C. Rural	37
Micro	0
Bus 2E	0
Bus 3E	0
Camión 2E	46
Camión 3E	25
Camión 4E	0
Semi Trayler 2S1/2S2	0
Semi Trayler 2S3	0
Semi Trayler 3S1/3S2	0
Semi Trayler >=3S3	0
Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0
Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	381

Estación de conteo vehicular E5 – Ent. Curasco

Tabla 18*IMDS de la estación de conteo vehicular E5 – ENT. CURASCO*

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-05
Automóvil + Station Wagon	69
Camioneta (Pick up/Panel)	36
C. Rural	21
Micro	0
Bus 2E	0
Bus 3E	0
Camión 2E	42
Camión 3E	22
Camión 4E	1
Semi Traylor 2S1/2S2	0
Semi Traylor 2S3	0
Semi Traylor 3S1/3S2	0
Semi Traylor >=3S3	0
Traylor 2T2	0
Traylor 2T3	0
Traylor 3T2	0
Traylor >=3T3	0
TOTAL	191

Estación de conteo vehicular E6 – Ent. Progreso**Tabla 19***IMDS de la estación de conteo vehicular E6 – ENT. PROGRESO*

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-06
Automóvil + Station Wagon	83
Camioneta (Pick up/Panel)	68
C. Rural	17
Micro	0
Bus 2E	1
Bus 3E	0
Camión 2E	45
Camión 3E	18
Camión 4E	0
Semi Traylor 2S1/2S2	0
Semi Traylor 2S3	0
Semi Traylor 3S1/3S2	0
Semi Traylor >=3S3	0

Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0
Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	232

Estación de conteo vehicular E7 – Ent. Challhuahuacho

Tabla 20

IMDS de la estación de conteo vehicular E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO

Tipo de Vehículo	IMDS – EC-07
Automóvil + Station Wagon	300
Camioneta (Pick up/Panel)	174
C. Rural	77
Micro	2
Bus 2E	0
Bus 3E	0
Camión 2E	65
Camión 3E	30
Camión 4E	1
Semi Trayler 2S1/2S2	0
Semi Trayler 2S3	0
Semi Trayler 3S1/3S2	0
Semi Trayler >=3S3	0
Trayler 2T2	0
Trayler 2T3	0
Trayler 3T2	0
Trayler >=3T3	0
TOTAL	649

3.7.2. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Para obtener el índice medio diario (IMD) anual se utiliza la siguiente formula:

$$IMDS = (\text{conteo de 7 días})/7$$

$$IMDA = IMDS \times FC$$

Donde:

IMDs = Índice medio diario semanal de la muestra vehicular tomada

IMDa = Índice medio diario anual

Vi = Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo

FC = Factor de corrección estacional

A continuación, se presenta el IMDa para las 04 estaciones de conteo vehicular por tipo de vehículo, y sentido.

Tabla 21

Resumen de IMDA para las estaciones de conteo vehicular.

Nº	Tramos	Estación	Ruta	Código de estación	Prog. (Km)	IMDA
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)- Lambrama	ENT. LAMBRAMA	PE-3SF	EC-01	36+200	357
2	Lambrama-Emp. AP-113	SAL. LAMBRAMA	PE-3SF	EC-02	36+850	393
3	Emp. AP-113- Chuquibambilla	ENT. CHUQUIBAMBILLA	PE-3SF	EC-03	99+500	581
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	ENT. A VILCABAMBA	PE-3SF	EC-04	116+600	431
5	Vilcabamba-Curasco	CURASCO	PE-3SF	EC-05	145+700	216
6	Curasco-Progreso	ENT. A PROGRESO	PE-3SF	EC-06	177+200	260
7	Progreso-Chalhuahuacho	ENT. A CHALHUAHUACHO	PE-3SF	EC-07	216+500	734

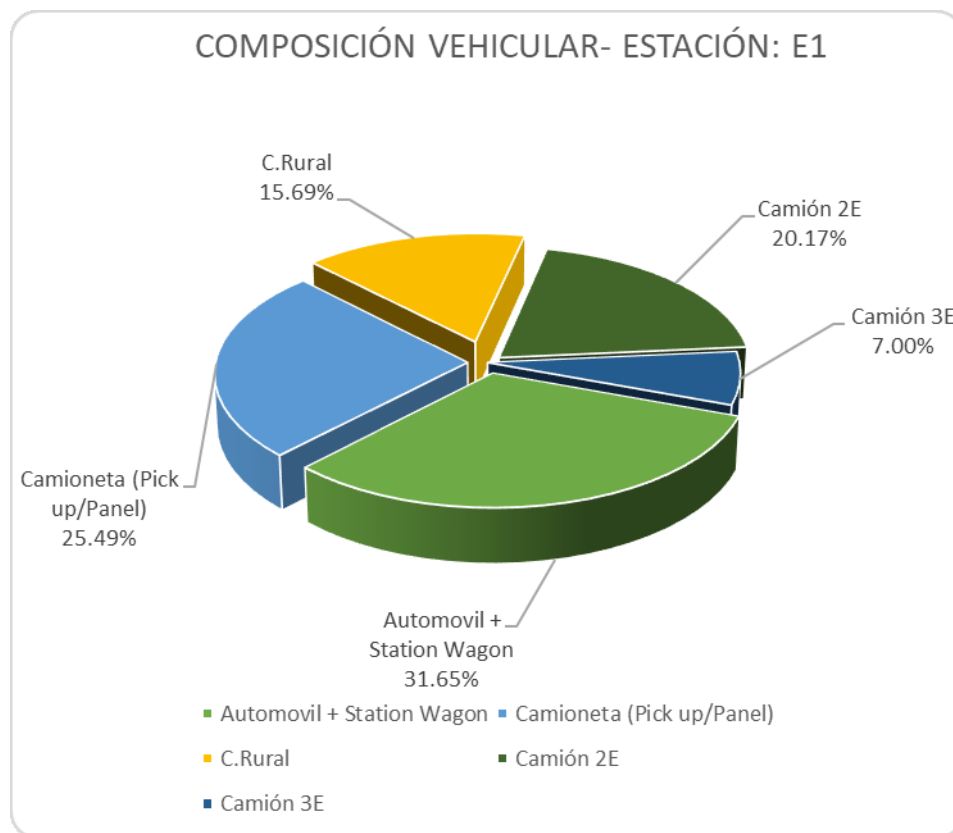
Estación de conteo vehicular E1 – ENT. LAMBRAMA

De la composición vehicular para la estación E1 – ENT. LAMBRAMA, se observa que el 72.83% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 31.65%; mientras que, el 27.17% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 20.17%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular

Figura 10

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E1 – ENT. LAMBRAMA



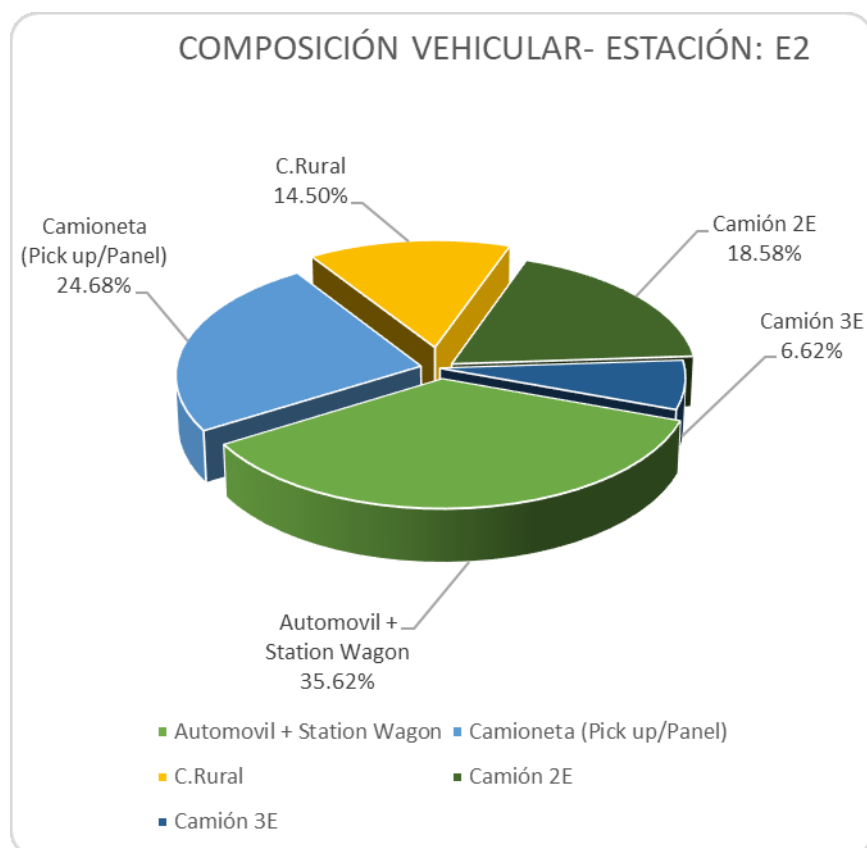
Estación de conteo vehicular E2 – SAL. LAMBRAMA

De la composición vehicular para la estación E2 – SAL. LAMBRAMA, se observa que el 74.81% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 35.62%; mientras que, el 25.19% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 18.58%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 11

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E2 – SAL. LAMBRAMA



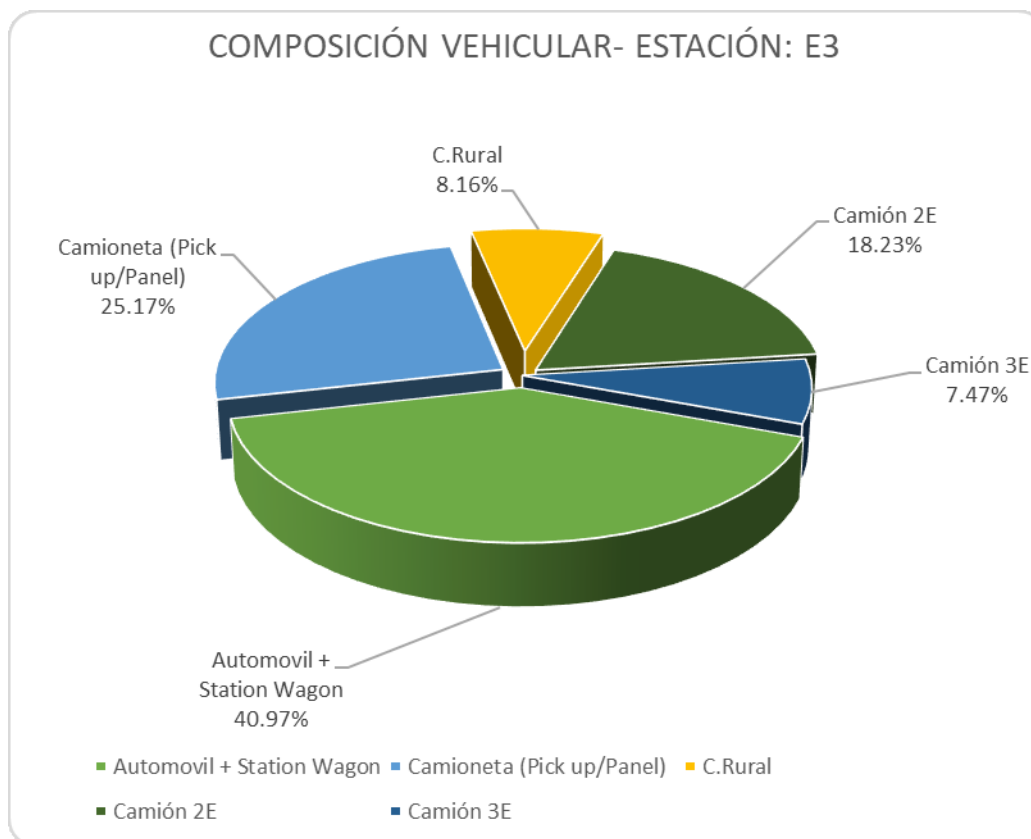
Estación de conteo vehicular E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

De la composición vehicular para la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA, se observa que el 73.84% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 40.79%; mientras que, el 26.16% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 18.07%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 12

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA



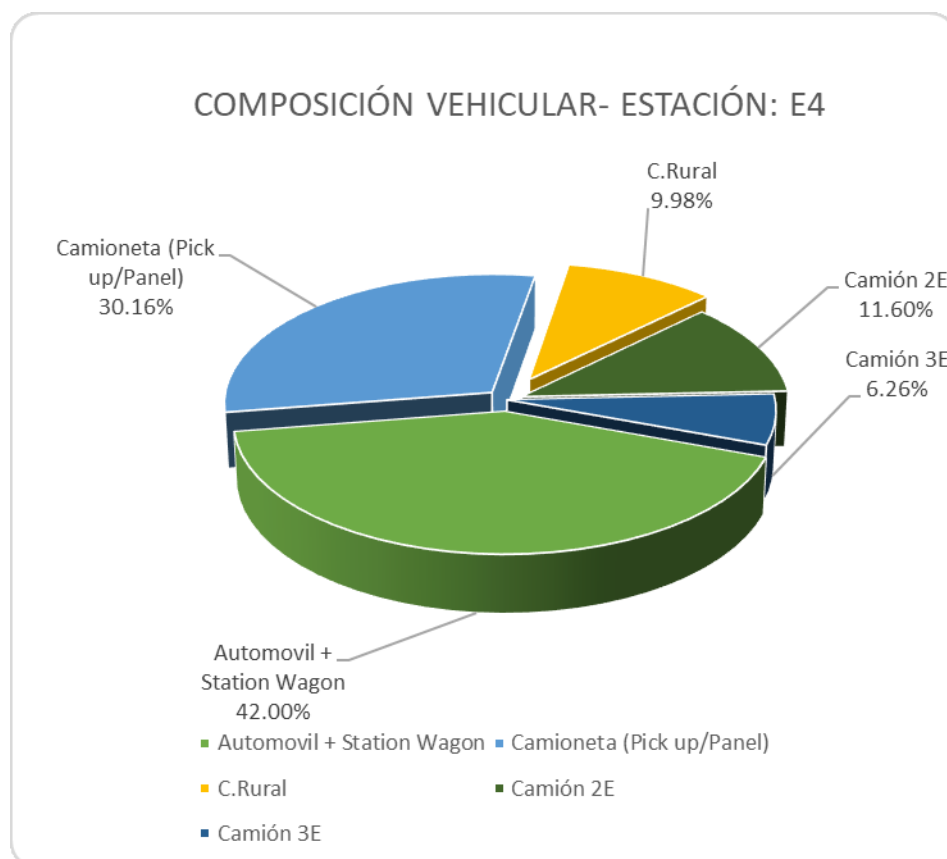
Estación de conteo vehicular E4 – ENT. VILCABAMBA

De la composición vehicular para la estación E4 – ENT. VILCABAMBA, se observa que el 82.13% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 42.00%; mientras que, el 17.87% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 11.60%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 13

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E4 – ENT. VILCABAMBA



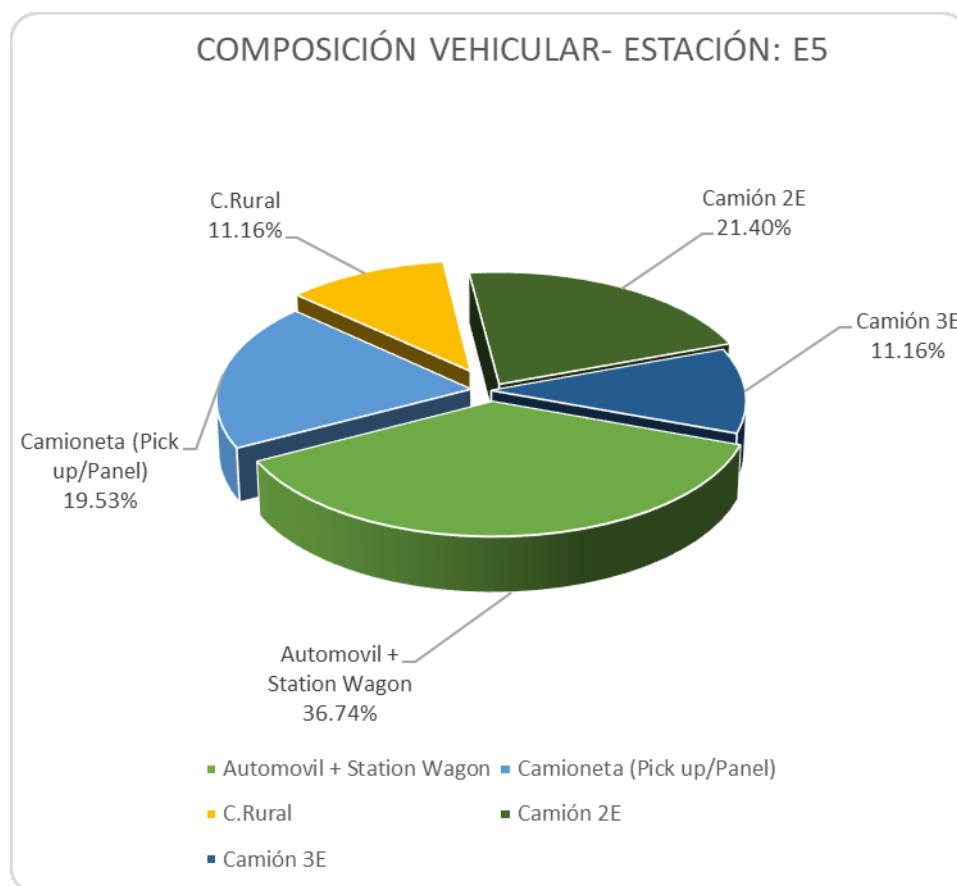
Estación de conteo vehicular E5 – ENT. CURASCO

De la composición vehicular para la estación E5 – ENT. CURASCO, se observa que el 67.13% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 36.57%; mientras que, el 32.87% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 21.30%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 14

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E5 – ENT. CURASCO



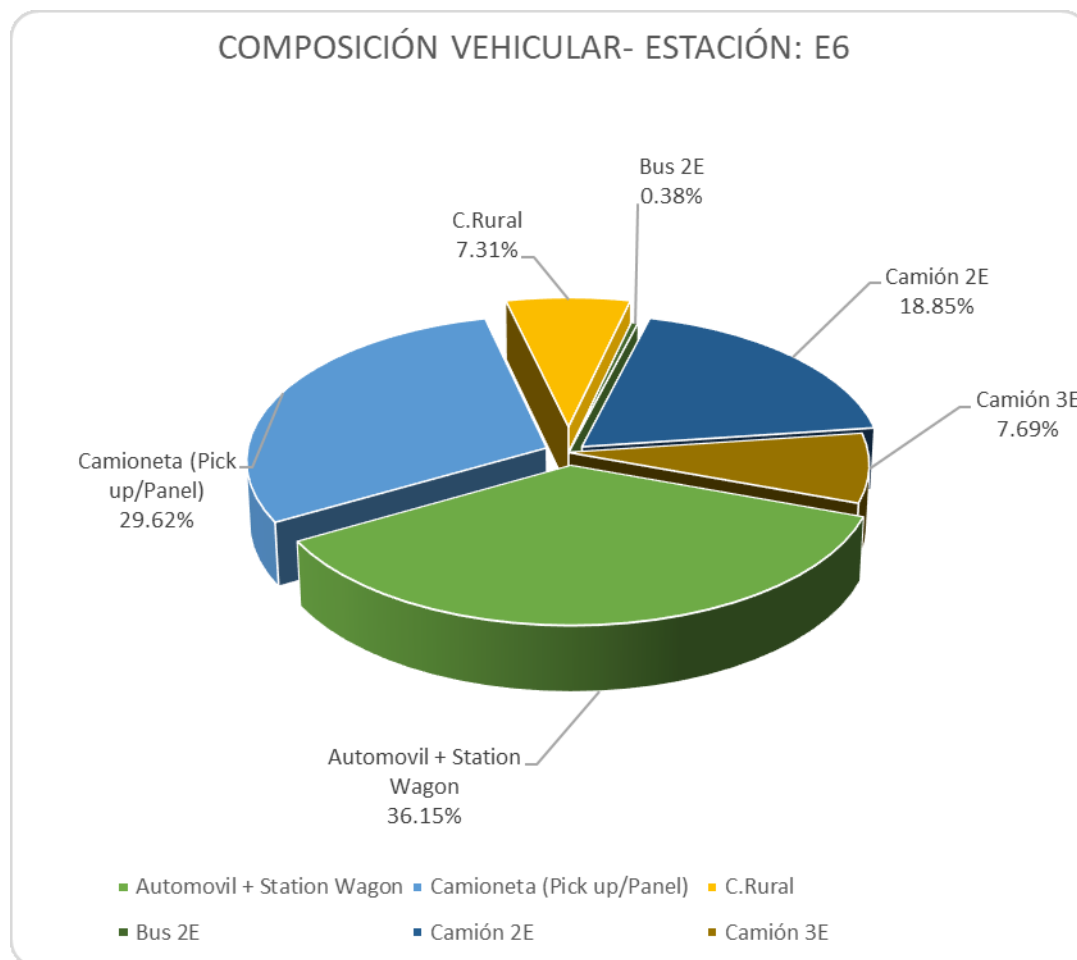
Estación de conteo vehicular E6 – ENT. PROGRESO

De la composición vehicular para la estación E6 – ENT. PROGRESO, se observa que el 73.08% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 36.15%; mientras que, el 26.92% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 18.85%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 15

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E6 – ENT. PROGRESO



Estación de conteo vehicular E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO

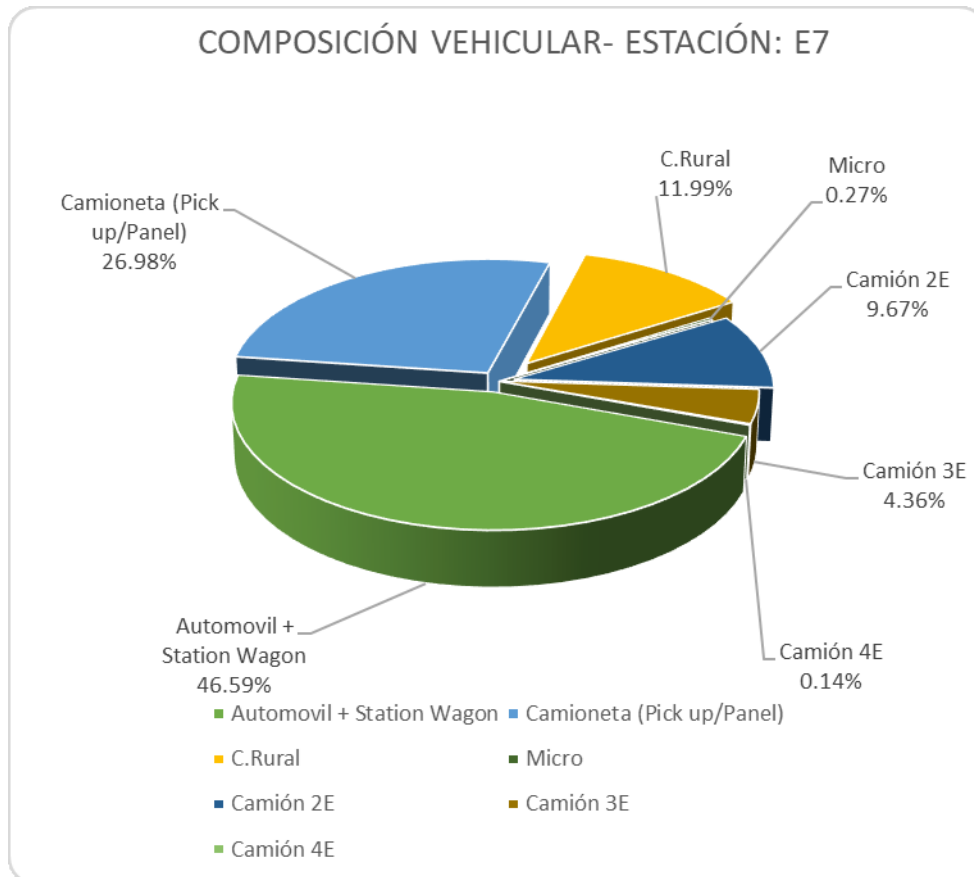
De la composición vehicular para la estación E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO, se observa que el 67.13% son vehículos livianos en donde los automóviles tienen mayor incidencia con 36.57%; mientras que, el 32.87% corresponde a los vehículos pesados en donde el vehículo Camión de 2E tiene mayor incidencia con 21.30%.

A continuación, se muestra el gráfico de composición vehicular para todos los tipos de vehículos presentes en el conteo vehicular.

Figura 16

Composición vehicular por tipo de vehículo registrado E7 – ENT.

CHALLHUAHUACHO



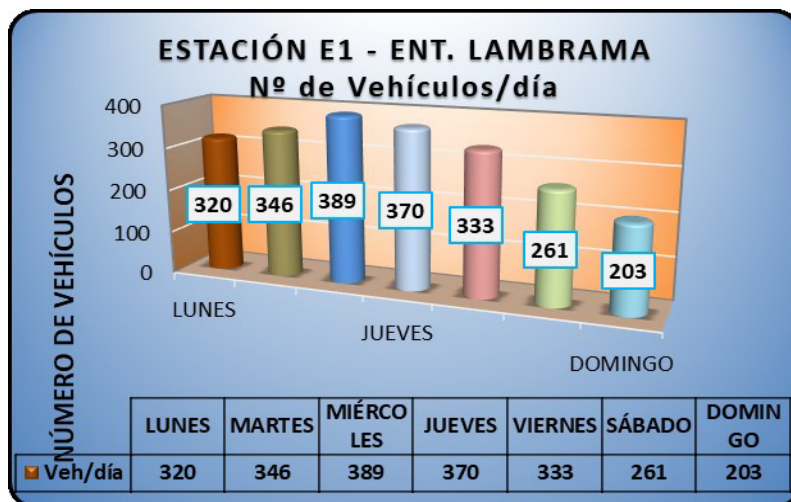
3.7.3. Análisis de variación diaria

El análisis de variación diaria diferencia básicamente los días de mayor y menor volumen de tráfico, registrado durante la semana de conteo vehicular para cada una de las 21 estaciones ubicadas a lo largo del corredor vial en estudio.

Estación de conteo vehicular E1 – ENT. LAMBRAMA.

Figura 17

Variación diaria de la estación E1 – ENT. LAMBRAMA.

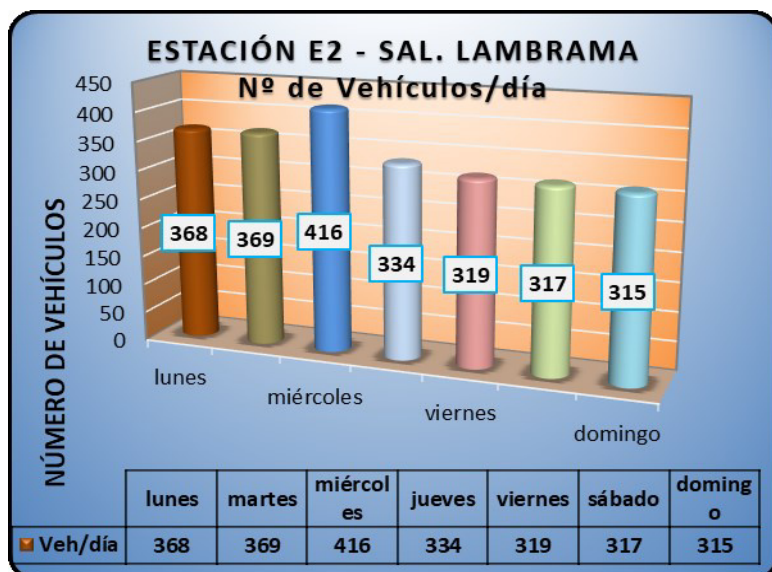


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E1 resulto el día miércoles con 389 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E2 – SAL. LAMBRAMA

Figura 18

Variación diaria de la estación E2 – SAL. LAMBRAMA

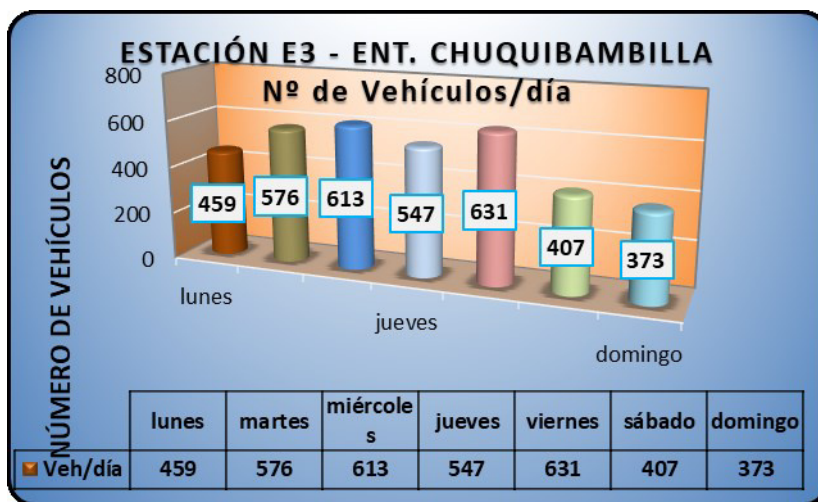


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E2 resulto el día miércoles con 416 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

Figura 19

Variación diaria de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

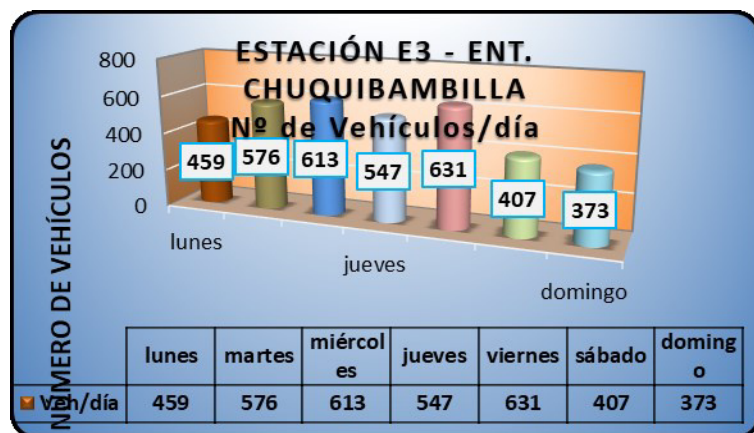


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E3 resulto el día viernes con 631 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

Figura 20

Variación diaria de la estación E3 – ENT. CHUQUIBAMBILLA

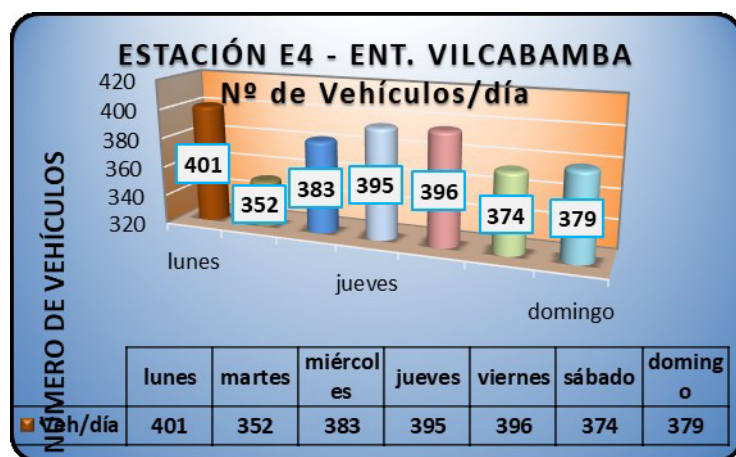


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E3 resulto el día viernes con 631 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E4 – ENT. VILCABAMBA

Figura 21

Variación diaria de la estación E4 – ENT. VILCABAMBA

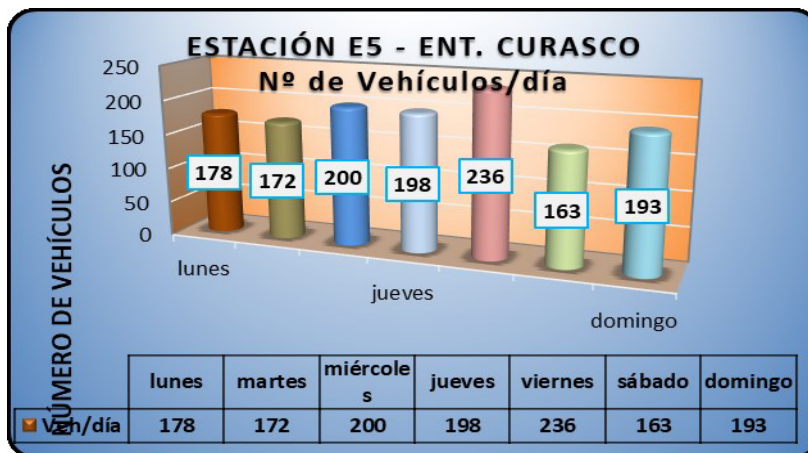


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E4 resulto el día lunes con 401 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E5 – ENT. CURASCO

Figura 22

Variación diaria de la estación E5 – ENT. CURASCO

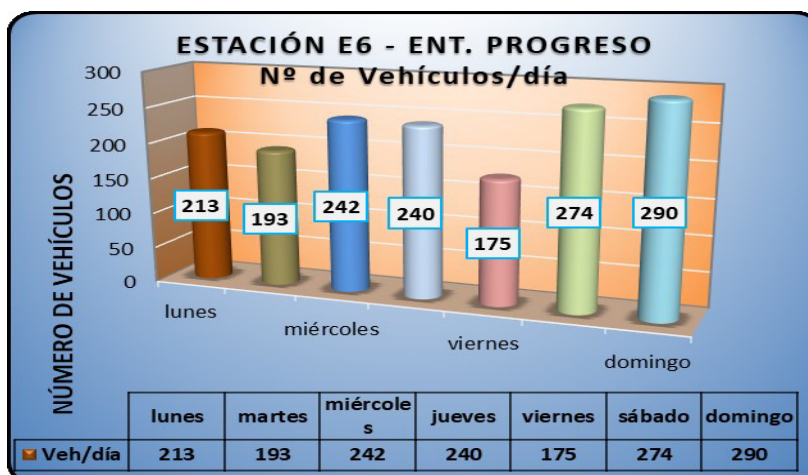


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E5 resulto el día viernes con 236 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E6 – ENT. PROGRESO

Figura 23

Variación diaria de la estación E6 – ENT. PROGRESO

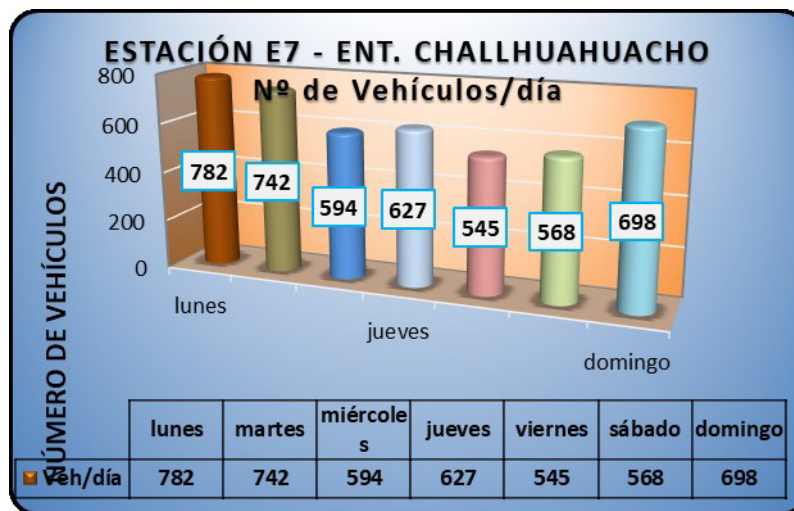


Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E6 resulto el día domingo con 290 vehículos registrados.

Estación de conteo vehicular E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO

Figura 24

Variación diaria de la estación E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO



Se puede observar del gráfico anterior que, la variación diaria que presenta la estación de conteo vehicular durante una semana (7 días) típica; en donde, el día de mayor aforo vehicular para la estación E7 resulto el día lunes con 782 vehículos registrados.

3.7.4. Análisis de tráfico no motorizado

Se realizó una evaluación de la presencia y condiciones de circulación de usuarios no motorizados, tales como peatones y ciclistas.

Los resultados del trabajo de campo evidenciaron que la presencia de este tipo de tráfico es mínima, dado que se trata de una vía interurbana de carácter principalmente vehicular, con tránsito predominante de vehículos motorizados, especialmente de carga pesada.

Las escasas apariciones de peatones fueron observadas en puntos cercanos a accesos secundarios hacia centros poblados, sin constituir un flujo constante ni representativo. Del mismo modo, no se identificó el uso de bicicletas como medio habitual de transporte dentro del tramo evaluado. En ese sentido, la participación del tráfico no motorizado en la dinámica

vial del área de estudio es poco significativa y no representa un componente relevante en la demanda actual.

No obstante, se reconoce que, ante cualquier intervención futura en la infraestructura vial, es recomendable prever condiciones básicas de seguridad para usuarios vulnerables, especialmente en zonas cercanas a comunidades rurales o accesos peatonales dispersos

3.7.5. Análisis de centro de atracción de demanda vehicular

El análisis de los centros de atracción de demanda vehicular en el tramo 1 de la ruta PE-3SF permitió identificar los principales puntos generadores o receptores de flujo vehicular a lo largo del recorrido. En función del trabajo de campo y la revisión de información local, se determinó que la cantidad de centros atractores es reducida, debido a la naturaleza interurbana del tramo y su bajo nivel de urbanización.

Entre los pocos centros atractores identificados se encuentran algunas plazas centrales, sedes de municipalidades distritales, puestos de salud, instituciones educativas rurales y pequeños mercados locales ubicados en las inmediaciones del eje vial. Estos establecimientos generan una demanda vehicular limitada, mayormente compuesta por vehículos livianos, motocicletas y, en menor medida, minibuses que brindan servicios de transporte interurbano.

En términos de vehículos de carga, los principales generadores de tránsito corresponden al traslado de productos agrícolas y en menor medida, actividades logísticas asociadas a la minería, aunque estas últimas son esporádicas y no generan una concentración significativa de vehículos en puntos específicos del tramo.

En conclusión, el área de estudio presenta una baja concentración de centros atractores de demanda vehicular, lo que confirma que el flujo predominante en la vía responde al tránsito de paso y transporte de carga regional, más que a movimientos locales generados por actividades urbanas o institucionales.

ESQUINA	0	0	0	0	0	0	0	3	3
LACAYA	5	0	0	3	0	0	3	30	40
LIVITACA	0	3	5	0	3	3	0	28	40
LLUSCO	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Total, general	10	3	5	3	3	3	3	71	98
Porcentaje de Inc.	10.26%	2.56%	5.13%	2.56%	2.56%	2.56%	2.56%	71.79%	100.00%

b. Sentido de salida

❖ Matriz O-D de vehículos de carga camiones

Tabla 24

Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD1 (Salida).

Tipo de vehículo		Destino - lugar					Total
		APURIMAC				ICA	
Región	Origen - lugar	Abancay	Apurímac	Curahuasi	Pachachaca	Nazca	
APURIMAC	CHALLHUAHUACHO	23	0	1	0	0	24
	CHUQUIBAMBILLA	20	0	0	3	0	23
	HAQUIRA	1	0	0	0	0	1
	LAMBRAMA	3	0	0	1	0	4
	OROPEZA	1	0	0	0	0	1
	PAMPUTA	20	1	0	4	1	27
	PROGRESO	7	0	0	0	0	7
	RECORD	1	0	0	0	0	1
	VILCABAMBA	8	0	0	0	0	8
Total, general		86	1	1	8	1	98
Porcentaje de Inc.		87.50%	1.39%	1.39%	8.33%	1.39%	100.00%

Tabla 25

Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD1 (Salida).

Tipo de vehículo		Destino - lugar		Total
		Arequipa	Cusco	
Región	Origen - lugar	Arequipa	Chamaca	
APURIMAC	CHALLHUAHUACHO	4	0	4
	CHUQUIBAMBILLA	2	0	2
	NAHUINLLA	0	2	2
	PAMPUTA	6	0	6
	RECORD	6	0	6
Total general		19	2	21
Porcentaje de Inc.		90.00%	10.00%	100.00%

Estación OD2 – Challhuahuacho (Ruta Alternativa)

a. Sentido de entrada

❖ Matrices O-D de vehículos de carga - camiones.

Tabla 26

Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD2 (Entrada).

Tipo de vehículo		Destino - lugar											Total	
Región	Origen - lugar	Apurímac							Arequipa		Cusco			
		Challhuahuacho	Chila	Congota	Fuerabamba	Haqira	Mara	Quinota	Tambobamba	Arequipa	Cusco	Santo tomas		Velille
APURIMAC	ABANCAY					1								1
	CHALLHUAHUACHO	2	1	1	1	4	1	1	5	2	6	3	2	29
	CHUQUIBAMBILLA					4								4
	CURASCO				2							2		2
AYACUCHO	PROGRESO											3		5
	PUQUIO					1							1	2
Total, general		2	1	1	3	10	1	1	5	2	6	8	3	43
Porcentaje (%)		4.7%	2.33%	2.3%	6.9%	23.3%	2.3%	2.3%	11.6%	4.6%	13.9%	18.6%	6.9%	100%

Tabla 27

Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD2 (Entrada).

Tipo de vehículo		Destino - lugar					Total
Región	Origen - lugar	Apurímac			Cusco		
		Chila	Haqira	Mara	Cusco	Santo tomas	
APURIMAC	CHALLHUAHUACHO	1	1	1	1	1	5
Total, general		1	1	1	1	1	5
Porcentaje		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	100.00%

❖ Matrices O-D de vehículos de carga - semitrayer.

Tabla 28

Matriz O-D del vehículo Semitrayer 3S3 a nivel de región y distrito – Estación OD5 (Entrada).

TIPO DE VEHÍCULO		DESTINO - LUGAR	
REGIÓN	ORIGEN - LUGAR	AREQUIPA	TOTAL
		AREQUIPA	
APURIMAC	CHALLHUAHUACHO	1	1
AYACUCHO	PUQUIO	1	1
Total, general		2	2
Porcentaje		100.00%	100.00%

b. Sentido de salida

❖ **Matrices O-D de vehículos de carga - camiones.**

Tabla 29

Matriz O-D del vehículo Camión de 2E a nivel de región y distrito – Estación OD2 (Salida).

Tipo de vehículo		Destino - lugar					Total
Región	Origen - lugar	Apurímac			Ayacucho		
		Challhuahuacho	Progreso	Curasco	Vilcabamba	Puquio	
AREQUIPA	PUQUIO	1					1
	CUSCO	5	1		1		7
APURIMAC	SANTO TOMAS	3				1	4
	VELILLE					1	1
	YAURI	1					1
	HAQUIRA	3					3
APURIMAC	QUIÑOTA		1				1
	SAL. CHALLHUAHUACHO		1	1			2
Total, general		13	3	1	1	2	20
Porcentaje		65.00%	15.00%	5.00%	5.00%	10.00%	100.00%

Tabla 30

Matriz O-D del vehículo Camión de 3E a nivel de región y distrito – Estación OD5 (Salida).

Tipo de vehículo		Destino - lugar		
Región	Origen - lugar	Apurímac		Total
		Chila	Haqira	
AREQUIPA	AREQUIPA	1		1
	CHILA	1		1
APURIMAC	HAQUIRA		1	1
	QUIÑOTA	1		1
	LLUSCO	1		1
Total, general		4	1	5
Porcentaje		80.00%	20.00%	100.00%

❖ **Matrices O-D de vehículos de carga - semitrayler.**

Tabla 31

Matriz O-D del vehículo Semitrayler 3S3 a nivel de región y distrito – Estación OD5 (Salida).

TIPO DE VEHÍCULO		DESTINO - LUGAR	
REGIÓN	ORIGEN - LUGAR	AREQUIPA	TOTAL
		AREQUIPA	
AREQUIPA	AREQUIPA	1	1
CUSCO	YAURI	1	1
Total, general		2	2
Porcentaje		100.00%	100.00%

3.7.7. Proyecciones de tráfico vehicular

En este punto se trató de la proyección durante un periodo de 10 años. Para llegar a esto se parte de la información de campo y luego esta es procesada y con ayuda de información proveniente de la tasa de crecimiento se proyectan los valores de tráfico.

Los tipos de tránsito comprende tres tipos diferentes de tráfico según su naturaleza, es decir:

Tráfico normal: corresponde a aquel que circula por la vía, cuyo crecimiento es

independiente de la realización del proyecto.

Tráfico generado: es el producto del mejoramiento y rehabilitación de una carretera. No existiría de no mejorarse la vía, pues es efecto directo de la ejecución de un proyecto.

Tráfico desviado: es aquel que utiliza otras rutas pero que, manteniendo su origen y destino, será atraído por la vía mejorada, por un criterio de reducción de costos. En la ruta en estudio no se evidencia tráfico desviado.

Metodología de proyección de tráfico vehicular

Existen dos procedimientos que generalmente son utilizados para proyectar el tráfico en vías de características similares al corredor vial en estudio. Con información histórica de los índices medios diarios anuales (IMDA) del tráfico existente en el corredor vial en estudio.

Con indicaciones macro económicas, expresados en tasas de crecimiento y otros parámetros relacionados, que permiten determinar tasas de crecimiento del tráfico

Para el estudio de tráfico correspondiente al primer PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL inicial, se lo realizará con el procedimiento del segundo caso, puesto que, el primer caso no contamos con información estadística del tráfico referente a data histórica de varios años de todos los tramos de la carretera en estudio, por lo que resulta razonable utilizar las proyecciones mediante indicadores macroeconómicos.

Para proyectar el tráfico lo realizaremos utilizando la siguiente ecuación:

$$T_{Tn} = T_0(1 + R_i)^n$$

Donde:

T_{Tn} = Tráfico en el tramo T, en el año n.

T_0 = Tráfico en el tramo T, en el año base.

R_i = Tasa de generación de viajes por tipo de vehículo.

n = Tiempo en años.

Determinación de tasas de crecimiento vehicular

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular, primero se determinará las tasas de crecimiento poblacional, PBI y PBI per_capita, luego determinaremos la elasticidad y el porcentaje de generación de viajes de las encuestas origen -destino para finalmente determinar las tasas de crecimiento del tránsito.

Tabla 32

Resumen de Tasas de crecimiento de PBI por regiones

DEPARTAMENTO	PBI Promedio anual
APURIMAC	4.89%
CUSCO	4.78%
PUNO	3.16%
AREQUIPA	3.83%

Nota. Tomado de Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021).

Determinación de la elasticidad

Para el estudio se ha asignado el valor de 1 a la elasticidad vehicular.

Tabla 33

Elasticidad por región determinado para el estudio

TIPO DE VEHÍCULO	ELAST - LIMA
AUTOMÓVIL	1.00
STACIÓN WAGON	1.00
PICK UP	1.00
COMBI RURAL	1.00
PANEL	1.00
OMNIBUS	1.00
CAMIÓN	1.00
REMOLQUE	1.00

Nota. Tomado de parque automotor de la oficina estadística (OGPP) – MTC.

3.7.8. Porcentaje de generación de viajes

De las matrices origen – destino de los vehículos de pasajeros y de carga se ha determinado los porcentajes de generación de viajes por tipo de vehículo.

Para las estaciones de conteo vehicular EC-01 hasta EC-07, se determinó el porcentaje de generación de viajes de las estaciones OD1 (Entrada de Lambrama).

Tabla 34

Porcentaje de generación de viajes por tipo de vehículo para las estaciones EC-01 hasta EC-07.

REGIÓN	TIPO DE VEHÍCULO					
	AUTO/SW (%)	PICK UP/PANEL (%)	CR (%)	BUSES (%)	CAMIÓN (%)	REMOLCADOR (%)
APURIMAC	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
TOTAL (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tasas de crecimiento del tráfico

Las tasas de generación de viajes se calcularán para cada tipo de vehículo, considerando las variables macroeconómicas, elasticidad del tráfico y la estructura de la generación del tráfico obtenida de la encuesta origen – destino.

Las tasas de crecimiento del tráfico del tramo homogéneo, resultan del promedio ponderado entre las tasas de crecimiento de las variables (PBI, PBI Per cápita y Población), elasticidad y la estructura porcentual según matriz origen – destino de la estación origen – destino correspondiente.

Tabla 35*Tasas de crecimiento del tráfico por estación de conteo vehicular*

TASA DE GENERACION DE VIAJES Y TASA DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO						
ESTACIÓN	AUTO/SW	PICK UP/ PANEL	CR	BUSES	CAMIÓN	REMOLCADOR
E1 (ENT. LAMBRAMA)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E2 (SAL. LAMBRAMA)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E3 (ENT. CHUQUIBAMBILLA)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E4 (ENT. VILCABAMBA)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E5 (ENT. CURASCO)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E6 (ENT. PROGRESO)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%
E7 (ENT. CHALLHUAHUACHO)	3.17%	3.17%	1.67%	1.67%	4.89%	4.89%

Determinación de porcentaje de tráfico generado

En la mayoría de los casos la aparición de tráfico generado dependerá de la magnitud de la mejora efectuada por el proyecto en la vía intervenida, para el presente proyecto no se realizará mejoras en el trazo geométrico solo a nivel de carpeta asfáltica, no se ha determinado tráfico generado, puesto que, por la vía de los tramos de conservación periódica, el ancho de calzada de la vía no permite la circulación de vehículos de máxima capacidad (camiones, buses, Semitrailers y Trailers).

Proyección del tráfico vehicular normal y generado

A continuación, se muestra el tráfico normal y generado al año 2033.

Sin embargo, hay que recalcar que la intervención de conservación periódica, solo se está a nivel de calzada mas no se está haciendo mejoras en el eje de la vía y/o ensanches en las curvas para el tránsito de vehículos de mayor capacidad; por tanto, no se evidenciara en gran magnitud el incremento del tránsito generado.

ESTACIÓN E7 – ENT. CHALLHUAHUACHO

Tabla 41

Tráfico normal de la estación E7 – Ent. Challhuahuacho.

Tipo de Vehículo	SENT IDO	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032	Año 2033
Tráfico Normal	AMB OS	734	0	759	784	807	834	860	889	919	948	979	1010
Automóvil + Station Wagon	AMB OS	342	0	353	364	376	388	399	412	426	439	453	467
Camioneta (Pick up/Panel)	AMB OS	198	0	204	211	217	224	232	239	247	254	262	270
C. Rural	AMB OS	88	0	90	91	92	94	95	97	99	101	102	104
Micro	AMB OS	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus 2E	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 3E	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	AMB OS	71	0	75	79	82	86	90	95	99	104	109	114
Camión 3E	AMB OS	32	0	34	36	37	39	41	43	45	47	49	51
Camión 4E	AMB OS	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Semi Trayler 2S1/2S2	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi Trayler 2S3	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi Trayler 3S1/3S2	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi Trayler >=3S3	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 2T2	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 2T3	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 3T2	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler >=3T3	AMB OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.7.9. Análisis del censo de carga (Pesaje)

El objetivo del estudio de censo de carga es determinar las cargas transmitidas al pavimento por vehículo pesado como: la presión de contacto de las llantas, los factores destructivos del pavimento o los factores de carga equivalente (FCE) que vienen circulando en la carretera.

Motivo a ello se ha planteado determinar los factores destructivos mediante la data de campo realizado y a través de la norma DS-058-MTC-2003 (REGLAMENTO GENERAL DE VEHÍCULOS).

Porcentaje de muestra con respecto al aforo vehicular

Tabla 42

Porcentaje de encuestas de la estación CC-01 (ENT. LAMBRAMA) con respecto a los vehículos aforados.

TIPO DE VEHÍCULO	TOTAL, VEH. CENSADOS EN 7 DIAS	TOTAL, VEH. AFORADOS EN 7 DIAS	PORCENTAJE (%)
CAMIÓN DE 2E	286	460	62.17
CAMIÓN DE 3E	111	156	71.15
TOTAL	379	616	61.52

Tabla 43

Porcentaje de encuestas de la estación CC-02 (SAL. VELILLE) con respecto a los vehículos aforados.

TIPO DE VEHÍCULO	TOTAL, VEH. CENSADOS EN 7 DIAS	TOTAL, VEH. AFORADOS EN 7 DIAS	PORCENTAJE (%)
BUS DE 2E	4	21	19.05
CAMIÓN DE 2E	177	266	66.54
CAMIÓN DE 3E	46	78	58.97
CAMIÓN DE 4E	5	18	27.77
SEMITRAYLER T2S3	1	5	20.00
SEMITRAYLER T3S2	2	8	25.00
SEMITRAYLER T3S3	97	130	74.61
TOTAL	332	534	62.17

3.7.10. Análisis del control de velocidad

El análisis del control de velocidad de la ruta PE-3SF evidenció una ausencia de mecanismos efectivos de regulación y fiscalización de la velocidad vehicular. Se trata de una vía nacional interurbana con geometría variable, curvas cerradas y pendientes considerables,

pero sin señalización vertical que indique límites de velocidad ni dispositivos físicos que contribuyan a su reducción.

Durante las visitas de campo se observó que, en tramos rectos o con buena visibilidad, los vehículos principalmente los de carga pesada circulan a velocidades superiores a las recomendadas, lo cual incrementa los riesgos de accidentes y acelera el deterioro del pavimento, especialmente en zonas con fisuras o deformaciones. Asimismo, no se identificaron reductores de velocidad ni presencia de fiscalización policial permanente.

En sectores cercanos a accesos de centros poblados o instituciones como puestos de salud o escuelas rurales, tampoco se cuenta con zonas de velocidad restringida, ni advertencias visuales o señales preventivas que protejan a los pocos peatones que circulan por el área.

La falta de control de velocidad, sumada al tránsito frecuente de vehículos pesados, representa un riesgo operativo en la vía y afecta directamente la seguridad vial, el confort de conducción y la conservación del pavimento. Por tanto, se considera necesario implementar medidas de señalización vertical reglamentaria, zonas de velocidad limitada en puntos críticos y promover la fiscalización mediante operativos móviles en coordinación con la Policía Nacional del Perú y SUTRAN.

3.7.11. Estimación del ESAL

Para el estudio de velocidades se plantea hacer de ambas datas de campo tanto del perfil, así como la obtenida para el PGV.

Se realizó el control de velocidad en los 12 tramos homogéneos determinados en todo el corredor vial en estudio.

Los Ejes Estándar de Carga Equivalentes se han calculado año por año y en forma acumulada para cada estación de conteo vehicular.

Para el cálculo del Número de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se

usará la siguiente expresión por tipo de vehículo, el resultado será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$Nrep \text{ de } EE8.2tn = \Sigma (EEdia - carril \times Fca \times 365)$$

Donde:

Nrep de EE8.2tn: Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn (ESAL)

EEdia-carril: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado

$$EEdia - carril = IMDp \times Fd \times Fc \times Fvpi \times Fpi$$

Donde:

IMDp: Corresponde al Índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado

Fd : Factor Direccional

Fc : Factor carril de diseño

Fvpi : Factor destructivo según vehículo pesado.

Fp : Factor de presión de neumáticos.

Fca : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.

365 : Número de días del año

Σ : Sumatoria de ejes equivalentes de todos los tipos de vehículos pesado, por día para el carril de diseño por factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

A continuación, se muestra el resumen de resultados de ESAL por estación de conteo vehicular de las 07 estaciones a lo largo del corredor vial en estudio.

Tabla 44

Número de ejes equivalentes por tramo en estudio.

N°	Tramos	Estación	Código de estación	Ruta	Prog. (Km)	ESAL ACTUAL	ESAL 2028	ESAL 2033
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)- Lambrama	ENT. LAMBRAMA	EC-01	PE-3SF	36+200	2.76E+05	1.52E+06	3.46E+06
2	Lambrama-Emp. AP-113	SAL. LAMBRAMA	EC-02	PE-3SF	36+850	2.82E+05	1.56E+06	3.53E+06
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	PE-3SF	99+500	4.33E+05	2.39E+06	5.41E+06
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	PE-3SF	116+600	2.26E+05	1.25E+06	2.83E+06
5	Vilcabamba-Curasco	CURASCO	EC-05	PE-3SF	145+700	2.07E+05	1.14E+06	2.59E+06
6	Curasco-Progreso	ENT. A PROGRESO	EC-06	PE-3SF	177+200	2.01E+05	1.11E+06	2.51E+06
7	Progreso-Chalhuahuacho	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	PE-3SF	216+500	2.40E+05	1.32E+06	3.00E+06

A continuación, se presenta el ESAL acumulado por año.

Tabla 45

ESAL acumulado por año hasta el 2033 – Estaciones EC-01 hasta EC-04.

Cálculo de EE por año – Tráfico generado – FC con presión de Neumático				
AÑO PROYECCIÓN DE IMDA	TRAMO I			TRAMO II
	ESTACIÓN EC-01	ESTACIÓN EC-02	ESTACIÓN EC-03	ESTACIÓN EC-04
	Emp. PE-3S (Dv. Abancay) - Lambrama	Lambrama -	Emp. AP-113 - Chuquibambilla	Chuquibambilla - Vilcabamba
2022	276,066	282,242	433,218	226,292
2023	276,066	282,242	433,218	226,292
2024	276,066	282,242	433,218	226,292
2025	565,640	578,295	887,449	463,657
2026	869,384	888,834	1,363,717	712,637
2027	1,187,991	1,214,569	1,863,098	973,800
2028	1,522,189	1,556,243	2,386,719	1,247,742
2029	1,872,739	1,914,635	2,935,764	1,535,089
2030	2,240,442	2,290,565	3,511,472	1,836,497
2031	2,626,139	2,684,890	4,115,145	2,152,653
2032	3,030,708	3,098,510	4,748,149	2,484,280
2033	3,455,074	3,532,370	5,411,914	2,832,134

Tabla 46

ESAL acumulado por año hasta el 2033 – Estaciones EC-05 hasta EC-08.

Cálculo de EE por año – Tráfico generado – FC con presión de Neumático			
AÑO PROYECCIÓN DE IMDA	TRAMO II	TRAMO III	
	ESTACIÓN EC-05	ESTACIÓN EC-06	ESTACIÓN EC-07
	Vilcabamba - Curasco	Curasco - Progreso	Progreso - Challhuahuacho
2022	206,552	200,728	239,973
2023	206,552	200,728	239,973
2024	206,552	200,728	239,973
2025	423,211	411,209	491,689
2026	650,472	631,919	755,722
2027	888,853	863,359	1,032,674
2028	1,138,898	1,106,050	1,323,179
2029	1,401,179	1,360,544	1,627,899
2030	1,676,294	1,627,416	1,947,529
2031	1,964,871	1,907,270	2,282,800
2032	2,267,569	2,200,741	2,634,476
2033	2,585,079	2,508,494	3,003,361

3.7.12. Análisis del impacto de diversas velocidades de diseño sobre la demanda

Se analizó en base a la situación existente; es por ello que no se evidenciará aumento de velocidad en la vía a lo largo de todos los tramos del corredor vial en estudio; puesto que, solo se realizará mejoras de la superficie de rodadura mas no se realizará mejoras en el trazo del eje, ensanches en las curvas, por ello se deduce que no existirá un impacto significativo a causa de la variación de la velocidad a causa de la intervención.

3.7.13. Análisis de la demanda del transporte público

Se ha evidenciado transporte Publio en la ciudad de Espinar, que corresponde a los tramos 6 y 7 del corredor vial; siendo los más incidentes micros que realizan transporte público en diferentes puntos de la misma ciudad.

3.7.14. suficiencia y capacidad de la infraestructura vial existente proyectada

Para el análisis de suficiencia y capacidad vehicular se ha considerado la situación con proyecto. El IMDA máximo determinado en los tramos de conservación de la ruta PE-3SF, para el año 2033, resulto mayor a 400 veh. / día, lo cual según las DG – 2018 (Manual de

Diseño Geométrico), clasifica como carretera de segunda clase. Para este tipo de carreteras corresponde calzada de dos carriles de 3.30m de ancho como mínimo cada carril; el ancho promedio reportado en los SICs de inventario vial resulto de 4.0 m aprox., por tanto, los tramos de intervención tanto de las rutas PE-3SF y PE-3SG del estudio no poseen la capacidad de aforo suficiente.

3.7.15. Análisis de posibilidad de cambios cualitativos en la composición vehicular

Los cambios cualitativos del IMDa según la demanda de pasajeros se vería afectado para el transporte público que actualmente lo vienen realizando los station wagon y las camionetas pick up cumpliendo la función de colectivos pudiendo cambiar a vehículos de mayor capacidad de pasajeros como la combi rural o el incremento de más buses.

Por lo expuesto se plantea el siguiente cambio en la composición vehicular.

3 Station Wagon = 12 pasajeros = 1 C. Rural y 5 C. Rural = 60 pasajeros = 1 Bus 2E.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el trazo de la vía no presenta las condiciones y los ensanches en curvas para la correcta circulación de buses; por lo cual no se podría realizar cambios en la composición vehicular a lo largo del corredor vial.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló respetando principios éticos fundamentales como la confidencialidad de la información, la transparencia en el manejo de datos y el consentimiento informado de los participantes. Se garantizó que toda la información recolectada fuera utilizada únicamente con fines académicos, respetando la privacidad de los informantes y la normativa vigente sobre protección de datos personales. Asimismo, se aseguró la veracidad de los datos, evitando cualquier forma de manipulación o sesgo, y se mantuvo una postura objetiva e imparcial en el análisis de los resultados. Finalmente, se consideró el impacto social y ambiental de la propuesta, procurando siempre el bienestar colectivo y el interés público.

IV.RESULTADOS

El presente capítulo expone los principales resultados obtenidos a partir del diagnóstico técnico del área de estudio, los conteos vehiculares, el análisis del deterioro del pavimento, así como la modelación del impacto del sobrepeso vehicular y la formulación de la propuesta técnica. Cada resultado ha sido sistematizado de forma que evidencie la problemática actual y justifique la propuesta de control de peso.

4.1. Grado de afectación del pavimento por sobrepeso vehicular

4.1.1. Resultados del conteo y clasificación vehicular

IMDA por tramo y ruta de vehículos ligeros y pesados

A continuación, se presenta el consolidado de IMDA, para vehículos ligeros y pesados, de todos los tramos homogéneos determinados en el corredor vial en estudio.

Tabla 47

Consolidado de IMDA por ruta y tramo de vehículos ligeros.

Nº DE TRAMO	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ruta	ESTACIÓN	CODIGO DE ESTACIÓN	IMDA DE VEH. LIGEROS
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)- Lambrama	PE-3SF	ENT. LAMBRAMA	EC-01	260
2	Lambrama-Emp. AP-113	PE-3SF	SAL. LAMBRAMA	EC-02	294
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	PE-3SF	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	429
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	PE-3SF	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	354
5	Vilcabamba-Curasco	PE-3SF	CURASCO	EC-05	145
6	Curasco-Progreso	PE-3SF	ENT. A PROGRESO	EC-06	190
7	Progreso-Chalhuahuacho	PE-3SF	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	630

Figura 25

IMD de vehículos ligeros por estación de conteo vehicular



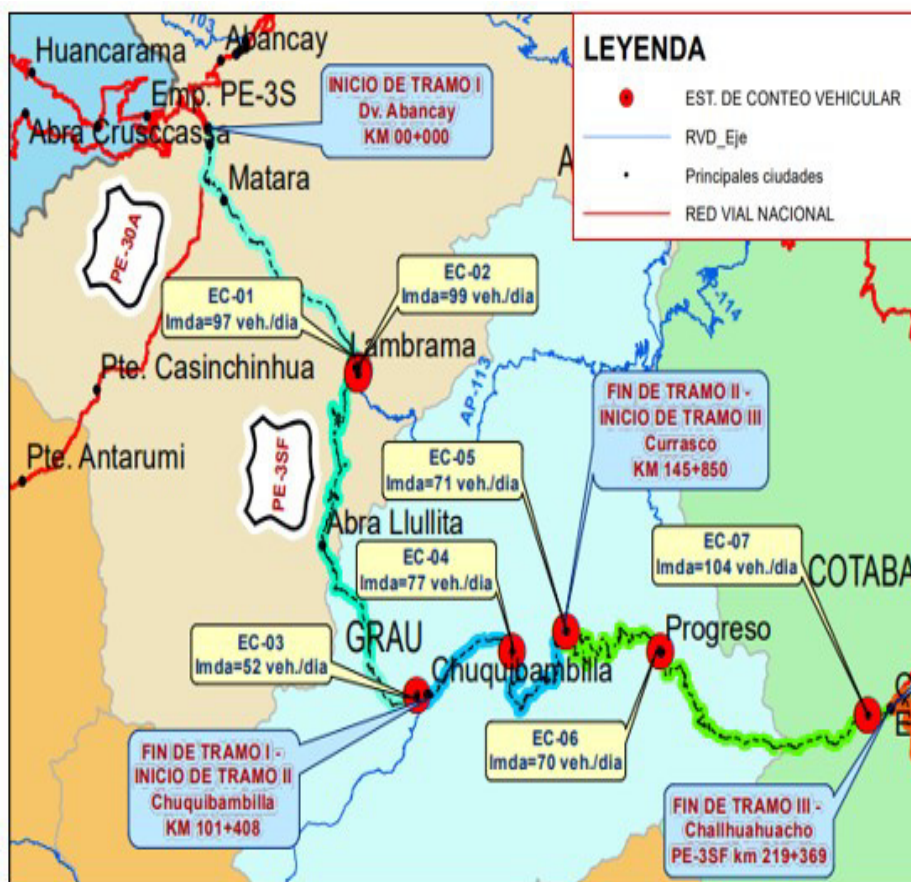
Tabla 48

Consolidado de IMDA por ruta y tramo de vehículos pesados.

Nº DE TRAMO	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	RUTA	ESTACIÓN	CODIGO DE ESTACIÓN	IMDA DE VEH. PESADOS
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)-Lambrama	PE-3SF	ENT. LAMBRAMA	EC-01	97
2	Lambrama-Emp. AP-113	PE-3SF	SAL. LAMBRAMA	EC-02	99
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	PE-3SF	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	152
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	PE-3SF	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	77
5	Vilcabamba-Curasco	PE-3SF	CURASCO	EC-05	71
6	Curasco-Progreso	PE-3SF	ENT. A PROGRESO	EC-06	70
7	Progreso-Chalhuahuacho	PE-3SF	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	104

Figura 26

IMD de vehículos carga por estación de conteo vehicular



IMDA por tramo y ruta de tráfico normal y generado

A continuación, se presenta el consolidado de IMDA, para el tráfico normal y generado, de todos los tramos homogéneos determinados en el corredor vial en estudio.

Tabla 49*Consolidado de IMDA de tráfico normal*

N° DE TRAMO	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	RUTA	ESTACIÓN	CÓDIGO DE ESTACIÓN	TRÁFICO NORMAL												
					2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)-Lambrama	PE-3SF	ENT. LAMBRAMA	EC-01	357	0	370	381	394	409	423	437	453	468	483	501	
2	Lambrama-Emp. AP-113	PE-3SF	SAL. LAMBRAMA	EC-02	393	0	408	420	435	451	465	481	499	516	533	551	
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	PE-3SF	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	581	0	600	622	643	665	690	714	741	766	792	822	
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	PE-3SF	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	431	0	444	461	476	492	508	526	544	562	579	599	
5	Vilcabamba-Curasco	PE-3SF	CURASCO	EC-05	216	0	223	230	241	248	259	265	276	289	297	309	
6	Curasco-Progreso	PE-3SF	ENT. A PROGRESO	EC-06	260	0	268	278	288	301	309	320	330	343	355	369	
7	Progreso-Chalhuahuacho	PE-3SF	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	734	0	759	784	807	834	860	889	919	948	979	1010	

En la tabla presentada se observa el consolidado del IMDA por año del tráfico normal, proyectado hasta el 2033, para la estación de conteo vehicular.

Tabla 50*Consolidado de IMDA de tráfico generado*

N° DE TRAMO	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	RUTA	ESTACIÓN	CÓDIGO DE ESTACIÓN	TRÁFICO GENERADO												
					2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)-Lambrama	PE-3SF	ENT. LAMBRAMA	EC-01	0	0	23	23	24	24	27	27	27	27	27	29	
2	Lambrama-Emp. AP-113	PE-3SF	SAL. LAMBRAMA	EC-02	0	0	24	26	27	27	27	27	28	31	32	32	
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	PE-3SF	ENT. CHUQUIBAMBILLA	EC-03	0	0	38	41	41	41	43	44	46	46	47	48	
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	PE-3SF	ENT. A VILCABAMBA	EC-04	0	0	28	28	28	31	31	31	32	33	33	36	
5	Vilcabamba-Curasco	PE-3SF	CURASCO	EC-05	0	0	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	
6	Curasco-Progreso	PE-3SF	ENT. A PROGRESO	EC-06	0	0	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	
7	Progreso-Chalhuahuacho	PE-3SF	ENT. A CHALHUAHUACHO	EC-07	0	0	45	45	47	51	52	52	55	55	56	59	

Resultados del censo de carga

Los factores destructivos obtenidos en cada estación a partir de los resultados de censo de carga, fueron los siguientes:

Tabla 51

Factores destructivos obtenido de la estación CC-01 – Entrada a Lambrama.

FACTORES DESTRUCTIVOS TOTALES POR TIPO DE VEHICULO CC1 - LAMBRAMA		
Tipo de Vehículo	FCE SIN FCLL (FxC)	FCE CON FCLL (FxCxPN)
Camión 2E	4.246210	7.092018
Camión 3E	5.690426	9.828784

Tabla 52

Factores destructivos obtenido de la estación CC-02 – Salida de Velille

FACTORES DESTRUCTIVOS TOTALES POR TIPO DE VEHICULO CC2 – SAL. VELILLE		
Tipo de Vehículo	FCE SIN FCLL (FxC)	FCE CON FCLL (FxCxPN)
Bus 2E	0.303767	0.347357
Camión 2E	0.592424	0.808272
Camión 3E	4.374507	7.265306
Camión 4E	2.887396	5.162667
Semitrayler 2S2 ó T2S2	0.118358	0.197003
Semitrayler 2S3 ó T2S3	0.133335	0.230581
Semitrayler 3S2 ó T3S2	4.367116	9.494551
Semitrayler >=3S3 ó T3S3	5.827603	12.359314

Resultados de velocidad promedio por tipo de vehículos y tramos

Se ha determinar la velocidad en los 12 tramos homogéneos para determinar la velocidad, tanto en sentido de entrada y salida.

Tabla 53*Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 01, 02, 03 y 04.*

TIPO DE VEHÍCULO	ESTACIONES DE CONTROL DE VELOCIDAD							
	TRAMO I		TRAMO II		TRAMO III		TRAMO IV	
	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL
AUTO	36.27	26.76	30.77	30.71	40.65	44.58	27.15	29.74
STATION WAGON	-	-	-	-	-	-	-	-
PICUK UP	32.78	27.01	20.91	30.91	50.01	53.70	31.20	41.19
PANEL	30.56	31.73	27.01	28.10	40.36	45.62	-	-
COMBI RURAL	-	35.71	27.72	30.53	39.77	44.24	29.60	25.59
MICRO	-	-	-	-	-	-	-	-
BUS 2E	-	-	-	-	-	-	-	-
C2E	-	-	-	-	37.69	34.21	25.31	28.00
C3E	-	-	-	-	38.56	34.81	28.42	-
C4E	-	-	-	-	38.77	-	20.60	-
3S3	-	-	-	-	-	-	-	-
PROMEDIO	33.20	30.31	26.60	30.06	40.83	16.50	27.05	31.13

Tabla 54*Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 05, 06 y 07*

TIPO DE VEHÍCULO	ESTACIONES DE CONTROL DE VELOCIDAD							
	TRAMO V		TRAMO VI		TRAMO VII		TRAMO VIII	
	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL
AUTO	27.54	27.40	44.35	46.46	45.38	42.88	41.81	43.58
STATION WAGON	-	-	-	-	37.86	40.85	-	-
PICUK UP	28.56	31.05	46.35	48.40	50.16	49.87	42.07	50.34
PANEL	-	-	44.42	46.19	36.65	40.96	42.29	43.64
COMBI RURAL	34.67	32.71	44.78	46.76	34.77	41.11	41.92	43.46
MICRO	-	-	-	-	-	-	-	-
BUS 2E	-	-	-	-	-	40.90	-	-
C2E	-	18.58	41.58	42.69	29.89	41.60	34.71	35.00
C3E	-	-	41.31	42.80	-	-	-	34.02
C4E	-	-	40.80	42.44	-	-	35.19	35.90
3S3	-	-	-	-	-	-	-	34.22
PROMEDIO	30.26	27.43	43.37	45.10	39.80	42.60	39.75	40.02

Tabla 55

Velocidad media de vehículos de entrada y salida – tramos 09,10, 11 y 12.

TIPO DE VEHÍCULO	ESTACIONES DE CONTROL DE VELOCIDAD							
	TRAMO IX		TRAMO X		TRAMO XI		TRAMO XII	
	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL	V. ENT	V. SAL
AUTO	29.10	30.47	62.51	62.99	67.61	65.45	85.96	93.85
STATION WAGON	-	-	-	-	-	-	-	-
PICUK UP	28.97	31.77	58.23	67.08	71.54	66.20	95.24	99.93
PANEL	27.49	30.09	56.37	57.50	56.54	59.00	83.85	94.41
COMBI RURAL	26.85	30.78	62.44	57.97	57.06	4.00	83.61	95.14
MICRO		-	60.21	-	-	59.75	-	-
BUS 2E	-	-	-	-	56.74	46.38	82.67	79.65
C2E	25.56	29.96	47.45	46.93	51.01	48.30	74.96	62.89
C3E	-	28.91	40.76		52.23	48.36	71.09	53.02
C4E	-	28.06	-	-	51.37	47.39	-	-
3S3	24.95	-	-	-	51.10	48.47	59.78	
PROMEDIO	27.15	30.01	55.43	55.43	57.25	54.41	79.64	82.70

Esta composición evidencia una significativa participación del transporte pesado en el

tráfico diario, lo cual es consistente con el rol de esta vía como eje logístico entre la costa y la sierra del sur peruano.

Identificación de sobrepeso aparente

A partir de observaciones visuales, análisis de deformaciones prematuras y entrevistas con usuarios y autoridades locales, se identificaron indicios de circulación frecuente de unidades con sobrepeso. En particular, camiones transportando mineral y productos agroindustriales en épocas pico han sido reportados superando la carga permitida, especialmente en horarios nocturnos o de baja supervisión.

4.1.2. Estado actual del tramo

La inspección técnica del pavimento en el tramo evaluado permitió identificar diversos tipos de deterioro, entre los más relevantes:

Fisuras longitudinales y transversales en un 38% del tramo.

Baches y pérdida de capa superficial, especialmente en sectores con pendientes pronunciadas y curvas cerradas (aproximadamente 12% del tramo).

Deformaciones plásticas y roderas, típicas de esfuerzos repetitivos por carga excesiva, observadas en el 22% del trayecto.

Resultados del análisis visual y estructural (PCI)

El índice de condición del pavimento (PCI) fue determinado a través de la metodología ASTM D6433. Se obtuvo una calificación promedio de PCI = 53, lo cual ubica al pavimento en la categoría de “Regular”, con sectores críticos donde el índice desciende hasta 35, lo que implica un nivel de servicio deficiente

4.1.3. Cálculo del daño estructural acumulado (Resultados respecto al ESAL)

Resultados respecto al ESAL

A partir de los resultados obtenidos, podemos afirmar que los Tramos I, II y III (los cuales han sido evaluados a partir de la estación de censo de carga CC1-Lambrama) son considerados como tramos críticos, puesto que, al ser evaluados, se identificó un alto índice de sobrecarga de los vehículos pesados (32% del total) y, además, se supera el millón de ejes equivalentes en dichos tramos. Esto genera que el pavimento se fatigue y presente diversas fallas estructurales y superficiales; y no se logró cumplir con los niveles establecidos.

Tabla 56

ESAL actual y proyectado

N ^o	Tramos	Ruta	ESAL ACTUAL AÑO DE EVAL	ESAL 2028 PROY. 5 AÑOS	ESAL 2033 PROY. 10 AÑOS
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)- Lambrama	PE- 3SF	2.76E+05	1.52E+06	3.46E+06
2	Lambrama-Emp. AP-113	PE- 3SF	2.82E+05	1.56E+06	3.53E+06
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	PE- 3SF	4.33E+05	2.39E+06	5.41E+06
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	PE- 3SF	2.26E+05	1.25E+06	2.83E+06
5	Vilcabamba-Curasco	PE- 3SF	2.07E+05	1.14E+06	2.59E+06
6	Curasco-Progreso	PE- 3SF	2.01E+05	1.11E+06	2.51E+06
7	Progreso-Chalhuahuacho	PE- 3SF	2.40E+05	1.32E+06	3.00E+06

Estimación del número de ejes equivalentes (ESAL)

Con base en los datos obtenidos de la estación de censo de carga CC1 – Lambrama, que representa el comportamiento del tránsito pesado en los tramos I, II y III de la ruta PE-3SF, se identificó que el 32% de los vehículos pesados circulan con sobrecarga. Esta condición incrementa significativamente el daño acumulado en el pavimento, considerando que el desgaste estructural se relaciona exponencialmente con la magnitud de la carga aplicada.

Para el Tramo I (Emp. PE-3S – Lambrama), correspondiente al área de estudio, se estimó un valor actual de $ESAL = 2.76 \times 10^5$ (276,000 ejes equivalentes) al año 2022. A partir del crecimiento proyectado del tráfico pesado, se determinó que el ESAL acumulado al año 2033 será de 3.46×10^6 (3.46 millones de ejes equivalentes).

Comparación entre carga de diseño y carga real

Los resultados indican que el pavimento del Tramo I ya ha recibido un volumen de carga muy superior al inicialmente previsto, lo que ha generado una aceleración del proceso de fatiga. La estructura fue diseñada para una vida útil de 10 años bajo condiciones de carga controlada; sin embargo, los registros actuales de sobrepeso evidencian un esfuerzo estructural superior al 30% respecto al diseño original.

Reducción estimada de la vida útil del pavimento

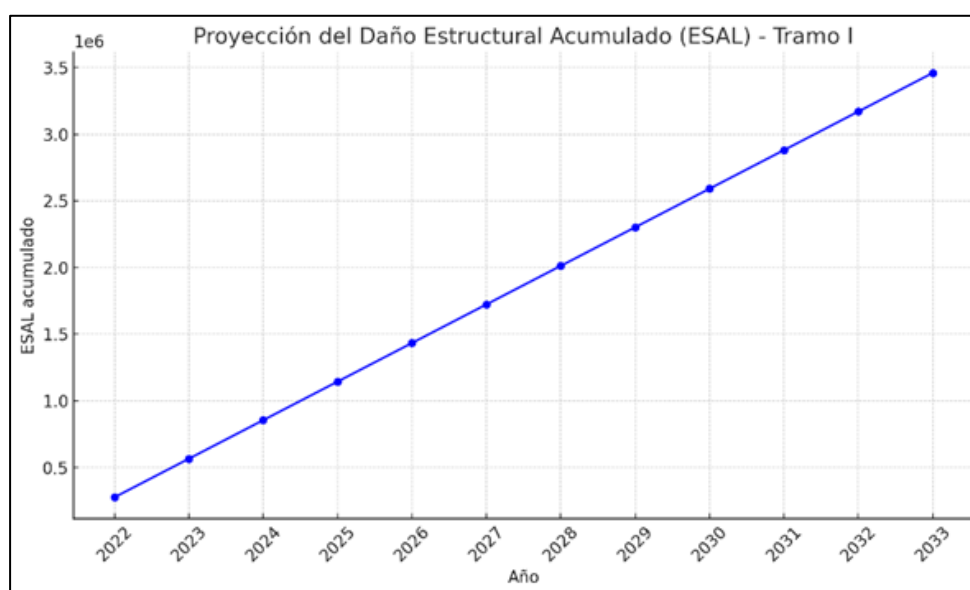
La sobrecarga continua, sumada al incremento del tránsito pesado en los últimos años, ha causado un deterioro prematuro del pavimento, observándose fallas estructurales severas en menos de la mitad del ciclo de vida esperado. Se estima que, de mantenerse esta tendencia, la vida útil efectiva del pavimento se verá reducida en al menos 4 años, no superando los 6 años desde su intervención anterior. Esta condición implica una afectación directa a los niveles de servicio, mayores costos de mantenimiento y riesgos para la seguridad vial.

Se proyectó el tráfico al año 2033 por tipo de vehículo, con tasas de crecimiento del tráfico, obteniendo los resultados indicados en la tabla siguiente:

Tabla 57*IMDA proyectado al año 2033*

N°	Tramos	Estación	Ruta	Código de estación	IMD A 2033
1	Emp. PE-3S (Dv. Abancay)-Lambrama	ENT. LAMBRAMA	PE-3SF	EC-01	450
2	Lambrama-Emp. AP-113	SAL. LAMBRAMA	PE-3SF	EC-02	492
3	Emp. AP-113-Chuquibambilla	ENT. CHUQUIBAMBILLA	PE-3SF	EC-03	732
4	Chuquibambilla-Vilcabamba	ENT. A VILCABAMBA	PE-3SF	EC-04	539
5	Vilcabamba-Curasco	CURASCO	PE-3SF	EC-05	278
6	Curasco-Progreso	ENT. A PROGRESO	PE-3SF	EC-06	329
7	Progreso-Chalhuahuacho	ENT. A CHALHUAHUACHO	PE-3SF	EC-07	912

La proyección del daño estructural acumulado (ESAL) para el Tramo I, II y III hasta el año 2033. Se observa un incremento constante del valor de ESAL, lo que evidencia un aumento progresivo de la carga vehicular acumulada y, por tanto, una mayor afectación estructural al pavimento.

Figura 27*Proyección del daño estructural acumulado (ESAL)*

4.2. Identificación de instrumentos y tecnologías para el control de peso vehicular

El control del peso vehicular es un componente esencial en la preservación de la infraestructura vial, especialmente en rutas con alto tránsito de vehículos de carga. En este apartado se identifican y analizan los principales sistemas tecnológicos utilizados a nivel nacional e internacional para el pesaje vehicular, evaluando su aplicabilidad en la ruta PE-3SF.

4.2.1. Revisión de sistemas de pesaje existentes

Actualmente existen tres tipos principales de tecnologías utilizadas para el pesaje de vehículos:

Básculas fijas

Son instalaciones permanentes, comúnmente ubicadas en estaciones de control de peso, donde los vehículos deben detenerse completamente para ser pesados eje por eje. Estas básculas ofrecen alta precisión en la medición y permiten una inspección detallada.

Ventajas: alta exactitud, adecuada para procesos sancionadores, operatividad continua.

Limitaciones: requieren infraestructura física, mayor costo de instalación, necesitan detención del vehículo, generan demoras y posibles congestiones.

Básculas portátiles

Son sistemas de pesaje móviles que se colocan temporalmente en la calzada para la medición de vehículos en campo. Suelen utilizarse en operativos de fiscalización aleatoria.

Ventajas: bajo costo, movilidad y facilidad de despliegue en diferentes puntos de control.

Limitaciones: menor precisión que las básculas fijas, requieren nivelación del terreno, limitada capacidad de pesaje continuo.

Sistema de pesaje en movimiento (Weigh-In-Motion – WIM)

Este sistema permite registrar el peso por eje de un vehículo en movimiento, sin

necesidad de detenerlo. Puede integrarse en plataformas de peaje o estaciones de control automatizadas.

Ventajas: no interrumpe el flujo vehicular, permite monitoreo continuo y detección automatizada de sobrepeso, ideal para tramos de alta circulación.

Limitaciones: alto costo de adquisición, requiere calibración frecuente y mantenimiento técnico especializado, puede presentar errores por velocidad o condiciones de la vía.

4.2.2. Análisis comparativo de tecnologías aplicables

Para determinar la viabilidad de implementación de estas tecnologías en el tramo de estudio (ruta PE-3SF), se ha considerado un análisis multicriterio enfocado en tres factores clave: técnico-operativo, económico y logístico.

Factores técnicos:

El sistema WIM destaca por su capacidad de monitoreo constante y cobertura masiva, especialmente útil para rutas como la PE-3SF con tráfico significativo de carga pesada.

Las básculas fijas garantizan precisión, pero su instalación requiere espacios amplios, zonas de desaceleración y accesibilidad operativa.

Las portátiles, aunque útiles para operativos puntuales, no ofrecen un control sistemático ni continuo.

Factores económicos:

Las básculas portátiles representan la opción más económica, seguidas por las fijas.

El sistema WIM implica una inversión inicial elevada, pero puede justificar su costo en tramos estratégicos con alto volumen de vehículos de carga y deterioro progresivo del pavimento.

Factores logísticos:

El sistema WIM es más apropiado para tramos donde no sea posible detener el flujo

sin generar congestión, y donde existan condiciones geométricas adecuadas para su instalación.

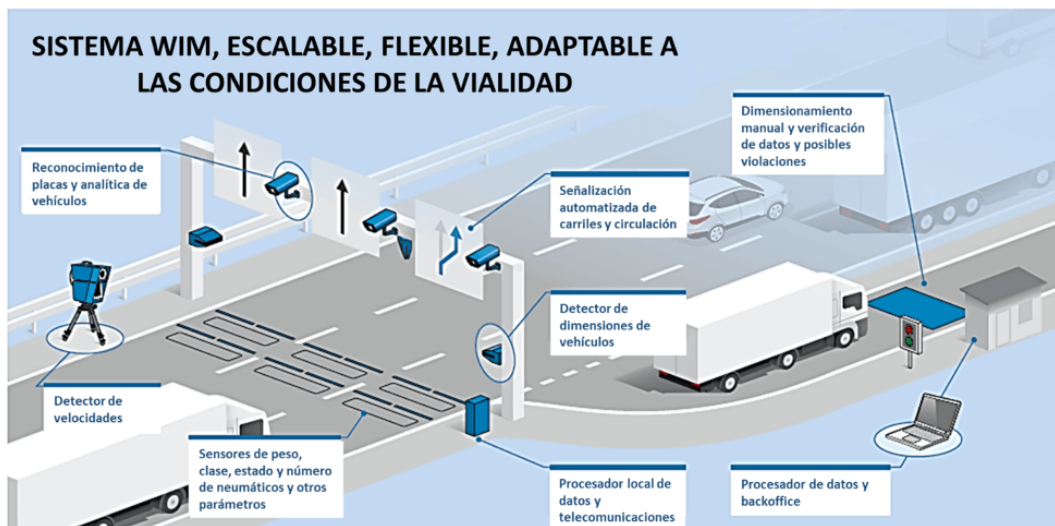
Las básculas fijas y portátiles requieren personal operativo y logística de control, además de coordinación con la Policía o autoridades viales.

Selección del sistema más adecuado:

Considerando las condiciones actuales del tramo PE-3SF, el tipo de deterioro observado en el pavimento, el flujo de vehículos pesados y la normativa peruana (D.S. N° 058-2003-MTC), se recomienda la implementación progresiva de sistemas WIM en puntos estratégicos de control. Estos permitirían un monitoreo eficaz del sobrepeso sin comprometer la fluidez del tránsito, complementado por básculas portátiles para operativos inopinados o fiscalización selectiva.

Figura 28

Sistema de pesaje propuesto



4.3. Determinación de la ubicación óptima del sistema de control de peso

4.3.1. Análisis del flujo vehicular y zonas de acceso

El análisis del flujo vehicular en el tramo evaluado de la ruta PE-3SF permitió identificar los principales corredores de carga, destacando la existencia de rutas primarias y

secundarias que confluyen hacia los puntos de mayor tránsito. La mayoría del flujo pesado se concentra en horarios laborales, con mayor intensidad en sentido ascendente hacia los centros de actividad económica. En cuanto a las rutas de acceso, se detectaron vías alternas que podrían ser utilizadas por los transportistas para evadir un eventual punto de control, lo cual representa un riesgo para la efectividad del sistema de fiscalización. Por ello, es fundamental seleccionar un punto donde la evasión resulte poco probable, priorizando zonas donde se unifican flujos de diferentes orígenes.

4.3.2. Criterios para la selección del punto de control

Para determinar el emplazamiento ideal del sistema de control de peso, se consideraron diversos criterios técnicos y operacionales:

Seguridad vial: El punto debe garantizar condiciones adecuadas de visibilidad y minimizar el riesgo de accidentes.

Accesibilidad: Es indispensable que el equipo técnico y de fiscalización pueda acceder fácilmente al sitio.

Visibilidad: El emplazamiento debe permitir a los conductores identificar el control con anticipación.

Espacio disponible: Debe existir área suficiente para la instalación de la infraestructura de pesaje, señalización preventiva y zonas de desaceleración y detención.

Con base en estos criterios, se aplicó una evaluación multicriterio mediante una matriz técnica, ponderando cada factor según su importancia relativa. Esta metodología permitió jerarquizar las posibles ubicaciones según su viabilidad técnica, económica y logística.

4.3.3. Propuesta de ubicación estratégica

Luego del análisis integral, se propone instalar el sistema de control de peso vehicular a la altura del kilómetro 4+300 de la ruta PE-3SF. Esta ubicación se considera estratégica por estar en un tramo donde convergen flujos de carga provenientes de rutas primarias, sin

presencia de desvíos inmediatos que permitan evasión, y con condiciones topográficas favorables para la instalación de equipos. Además, se cuenta con bermas amplias y buena visibilidad, lo que garantiza la seguridad de la operación. Las condiciones logísticas del lugar, como acceso a energía eléctrica, conectividad y espacio para estacionamiento temporal de unidades, refuerzan su idoneidad como punto de control.

4.4. Impacto proyectado de la propuesta en la conservación del pavimento

La implementación de un sistema de control de peso vehicular en la ruta PE-3SF permitirá mitigar significativamente los efectos del sobrepeso vehicular sobre la estructura del pavimento, lo cual responde directamente al objetivo general del estudio orientado a mejorar la conservación vial mediante el control de cargas excesivas. A continuación, se expone el impacto proyectado en tres dimensiones clave:

Proyección de mejora en la vida útil del pavimento

Con base en la comparación entre los ejes equivalentes acumulados (ESAL) actuales y los proyectados tras la implementación del sistema de pesaje, se estima una ampliación del ciclo de vida útil del pavimento entre 30% y 45%, dependiendo del nivel de cumplimiento y fiscalización efectiva. Al reducirse la circulación de vehículos con sobrecarga, se disminuye la fatiga acumulativa de las capas estructurales, preservando la integridad del firme por un mayor periodo.

Reducción estimada de costos de mantenimiento

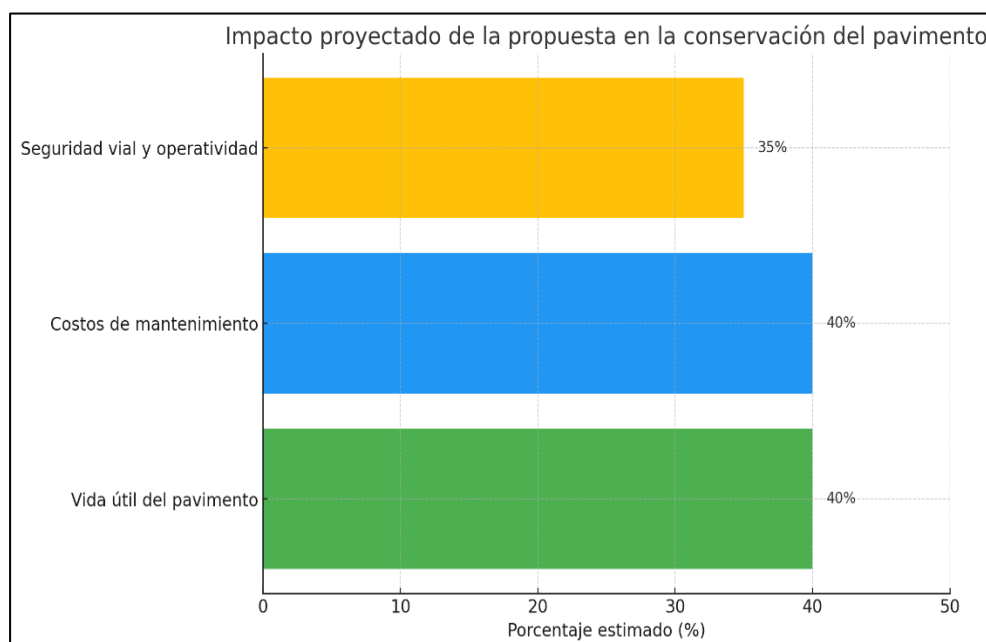
El menor deterioro del pavimento, producto del control de sobrepeso, se traduce en una reducción de hasta 40% en los costos anuales de mantenimiento rutinario y periódico. Ello incluye la disminución en la necesidad de bacheo, sellado de fisuras, nivelaciones y reconstrucción de capas. La inversión en infraestructura de pesaje se compensa económicamente en el mediano plazo, debido al ahorro acumulado en labores de conservación vial.

Mejora en la seguridad vial y operatividad de la vía

La reducción de daños estructurales y deformaciones, como roderas o baches profundos, contribuye directamente a la seguridad de los usuarios al disminuir los factores de riesgo por pérdida de control, especialmente para vehículos livianos y motocicletas. Asimismo, se mejora la operatividad de la vía, al reducirse los tiempos de cierre por mantenimiento y las interrupciones en la circulación, favoreciendo la continuidad del tránsito y la eficiencia del transporte de carga y pasajeros.

Figura 29

Impacto proyectado de la propuesta del pavimento



Como resultado del análisis técnico y de la implementación propuesta del sistema de control de peso vehicular, se proyecta un impacto significativo en la conservación de la infraestructura vial en el tramo evaluado. Tal como se presenta en la figura, se estiman los siguientes beneficios:

Una mejora del 40 % en la vida útil del pavimento, producto de la reducción en la circulación de vehículos con sobrepeso que actualmente generan daños prematuros en la estructura de la vía.

Una reducción del 40 % en los costos de mantenimiento rutinario y periódico, debido a la menor frecuencia e intensidad de intervenciones necesarias para conservar el buen estado del pavimento.

Una mejora del 35 % en la seguridad vial y la operatividad de la vía, al minimizar riesgos asociados al desgaste acelerado del pavimento y al control efectivo del flujo de carga.

En general, los resultados reflejan una correlación directa con el objetivo general de preservar la integridad del pavimento y optimizar el uso de los recursos destinados a su mantenimiento, garantizando así una mayor sostenibilidad y eficiencia en la gestión vial.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación integral del corredor vial PE-3SF ha permitido identificar, cuantificar y proyectar el impacto negativo del sobrepeso vehicular sobre la infraestructura pavimentada, especialmente en los tramos I, II y III, los cuales concentran los mayores índices de tránsito pesado y sobrecarga. Estos resultados evidencian una problemática estructural recurrente que compromete la vida útil del pavimento y, por tanto, exige la implementación urgente de medidas de fiscalización y control.

El análisis del Inventario Medio Diario Anual (IMDA), tanto de tráfico normal como generado, evidencia un crecimiento sostenido del volumen vehicular, con predominancia de unidades pesadas, particularmente camiones tipo 3E y 4E, los cuales, según el censo de carga, representan una proporción significativa del tránsito y concentran elevados factores destructivos. Esta condición coincide con lo establecido en el Manual de Diseño de Carreteras del MTC (2018), el cual señala que el tránsito con cargas superiores a las consideradas en el diseño estructural afecta de manera exponencial el desempeño de la vía, acelerando su deterioro prematuro.

A nivel internacional, estos hallazgos coinciden con investigaciones como la de Mamlouk y Zaniewski (2006), quienes demostraron que un incremento del 10 % en la carga por eje puede reducir hasta en un 40 % la vida útil del pavimento. En el presente estudio, los datos proyectados de Ejes Equivalentes Acumulados (ESAL) estiman que el tramo I, inicialmente diseñado para una carga inferior, superará los 3.46 millones de ESAL al año 2033, lo que evidencia una sobreexigencia estructural crítica. Asimismo, se identificó que el 32 % de los vehículos pesados circulan con sobrepeso, valor que está por encima de los estándares internacionales aceptables.

Los deterioros observados, como fisuras longitudinales y transversales, baches, deformaciones plásticas y pérdida de capa superficial, son consistentes con los efectos

acumulados del sobrepeso reiterado. El índice PCI promedio de 53, con valores mínimos de hasta 35, confirma que el pavimento se encuentra en condición “Regular”, presentando sectores en estado crítico, lo cual es coherente con los resultados del modelo de daño estructural acumulado. Este diagnóstico empírico permite correlacionar directamente la afectación del pavimento con el tránsito de vehículos de carga sin fiscalización efectiva, tal como se ha reportado en otras rutas logísticas del país, como la PE-1S (Panamericana Sur), donde Provías Nacional (2018) documentó efectos similares.

En este contexto, se propone la implementación del sistema de pesaje dinámico en movimiento (Weigh-In-Motion – WIM) como una solución tecnológica óptima para el control de sobrepeso. Esta tecnología ha sido validada con éxito en países como Chile, donde el Ministerio de Obras Públicas (2020) instaló sistemas WIM en corredores estratégicos, como la Ruta 5 Norte, logrando reducir la evasión de controles, prolongar la vida útil de la infraestructura y optimizar los costos de conservación. Asimismo, la Federal Highway Administration (FHWA, 2019) de los Estados Unidos ha documentado beneficios similares en autopistas interestatales con elevada participación de vehículos de carga.

La comparación técnica y económica entre las tecnologías de pesaje evidencia que, si bien el sistema WIM demanda una inversión inicial superior, sus ventajas en términos de eficiencia operativa, cobertura y precisión compensan ampliamente su costo. A diferencia de las básculas fijas o portátiles, el WIM no interrumpe el flujo vehicular, lo cual es crucial en vías con alta circulación como la PE-3SF. El análisis multicriterio aplicado, que incluye aspectos técnicos, económicos y logísticos, sustenta la elección de este sistema como la opción más adecuada para el tramo evaluado.

En términos de impacto proyectado, los beneficios de la propuesta son significativos. Se estima que, con una fiscalización efectiva del peso vehicular:

La vida útil del pavimento se prolongará entre un 30 % y 45 %, al reducirse el esfuerzo

estructural repetitivo.

Los costos de mantenimiento rutinario y periódico se reducirán en un 40 %, en línea con las recomendaciones del Banco Mundial (2017), que promueve la implementación de sistemas de control de peso como medida costo-efectiva para la sostenibilidad vial.

La seguridad vial aumentará en aproximadamente un 35 %, al disminuir los riesgos asociados a baches, roderas y fallas estructurales severas, lo cual también repercute positivamente en la eficiencia operativa del corredor.

Además, la selección del kilómetro 4+300 como punto estratégico para la instalación del sistema responde a criterios de accesibilidad, visibilidad, convergencia de rutas de carga y disponibilidad de espacio físico. Este enfoque se encuentra alineado con lo estipulado en la normativa peruana, específicamente en el Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003), el cual establece los lineamientos para el control de peso en la red vial nacional.

Finalmente, la experiencia nacional demuestra que la ausencia de fiscalización de peso vehicular ha sido una de las principales causas del deterioro acelerado de la red vial, especialmente en zonas con actividad extractiva y agroindustrial. La implementación de sistemas WIM, combinados con operativos móviles mediante básculas portátiles, permitirá una gestión integrada y moderna del control de carga, fortaleciendo la sostenibilidad técnica y financiera de la infraestructura.

En conclusión, la propuesta técnica formulada no solo responde a una necesidad estructural del tramo PE-3SF, sino que se fundamenta en criterios sólidos de ingeniería vial, evidencias empíricas y buenas prácticas internacionales. La incorporación de tecnologías de control de peso vehicular es una estrategia indispensable para mejorar la conservación de la vía, garantizar niveles adecuados de servicio y asegurar el uso eficiente de los recursos públicos en la gestión vial.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó que la implementación de un sistema de control de peso para vehículos de carga en la ruta PE-3SF, Tramo I: Abancay – Grau, tendría un impacto positivo en la conservación del pavimento. La aplicación de esta medida permitiría reducir significativamente la sobrecarga ejercida por vehículos con exceso de peso, prolongando así la vida útil del pavimento, disminuyendo los costos de mantenimiento periódico y mejorando las condiciones de transitabilidad y seguridad vial a mediano y largo plazo.
- ❖ Se evaluó el grado de afectación del pavimento mediante el análisis del tipo y volumen de vehículos que circulan con exceso de peso. Se evidenció que los vehículos de carga pesada generan una sobrecarga estructural considerable, especialmente en los tramos con pendientes pronunciadas y radios reducidos de curvatura, lo que acelera el deterioro funcional y estructural del pavimento.
- ❖ Se identificaron y compararon diferentes instrumentos y tecnologías disponibles para el control de peso, determinando que el sistema de pesaje dinámico en movimiento (WIM, por sus siglas en inglés) es la alternativa más adecuada. Esta tecnología permite una fiscalización eficiente sin interrumpir el flujo vehicular, es adaptable a condiciones geográficas complejas como las que presenta el tramo en estudio.
- ❖ Se estableció que el punto óptimo para la implementación del sistema de control de peso se ubica antes del ingreso a la ciudad de Abancay, en una zona con espacio suficiente para la instalación de infraestructura complementaria y que limita estratégicamente la posibilidad de evasión por rutas alternas. Esta ubicación también permite una adecuada fiscalización de los vehículos que provienen de la sierra sur hacia el norte del país.

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda implementar un sistema de control de peso para vehículos de carga en el Tramo I de la ruta PE-3SF, como medida preventiva para preservar la infraestructura vial. Esta acción debe formar parte de una política de gestión vial integral orientada a garantizar la sostenibilidad del pavimento y la eficiencia del transporte de carga.
- ❖ Se sugiere establecer un programa continuo de monitoreo y fiscalización del tránsito pesado, priorizando los tramos con mayores pendientes y radios de curvatura reducidos, con el fin de mitigar el deterioro acelerado del pavimento mediante el control del sobrepeso vehicular.
- ❖ Se recomienda adoptar la tecnología de pesaje dinámico en movimiento (WIM) como sistema principal de control, debido a su capacidad para operar en condiciones geográficas adversas, reducir la congestión vehicular y generar datos en tiempo real para la toma de decisiones técnicas y administrativas.
- ❖ Se sugiere ubicar la estación de pesaje en el punto estratégico antes del ingreso a Abancay, dotándola de infraestructura complementaria adecuada y garantizando medidas de control para evitar desvíos no autorizados. Esta localización optimiza la cobertura del control de peso para vehículos provenientes de rutas interregionales.

VIII. REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets (Green Book)*.
- Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). (2015). *Manual de conservación de carreteras*.
- Banco Mundial. (2010). *Weigh-in-Motion (WIM) systems for efficient road asset management in developing countries*.
- Camargo, J., & Martínez, E. (2021). Evaluación de sistemas de pesaje dinámico para el control de sobrecarga vehicular en corredores logísticos. *Revista de Ingeniería Civil*, 45(2), 105–117.
- Chávez, R. (2019). *Implementación de balanzas móviles en la carretera Puno–Juliaca para mitigar el deterioro vial por sobrepeso* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Dirección General de Concesiones en Transportes. (2022). *Informe técnico sobre el impacto del sobrepeso vehicular en vías concesionadas de la Red Vial Nacional*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Fernández, A. (2019). *Propuesta de un sistema inteligente de pesaje en movimiento (WIM) para carreteras nacionales de Chile* [Tesis de maestría, Universidad de Chile].
- Gómez, H. (2020). *Impacto económico del deterioro prematuro de pavimentos por vehículos sobrecargados en México* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional].
- Guevara, A. (2023). Evaluación de tecnologías WIM para corredores de alta carga en la región andina. *Revista Latinoamericana de Transporte*, 12(1), 66–82.
- Gutiérrez, M. (2021). *Propuesta de política de control de peso vehicular en la vía Ayacucho–Andahuaylas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Cristóbal de

Huamanga].

Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2010). *Evaluación del daño estructural en pavimentos debido al tránsito pesado*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Lee, J. (2017). *Evaluación del impacto de las políticas de control de peso en la infraestructura vial de Corea del Sur (2010–2015)* [Tesis doctoral, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology].

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2001). *Manual de especificaciones técnicas generales para construcción – EG-2000*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito (Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC, actualizado al 2014)*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018a). *Guía para el diseño, instalación y operación de sistemas de pesaje dinámico en movimiento (WIM)*. Dirección de Normas y Estudios.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018b). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2024). *Norma técnica de evaluación estructural de pavimentos*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2024). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras (Resolución Directoral N.º 026-2024-MTC/18)*.

Oliveira, D. (2018). *Relación entre el control de peso vehicular y la conservación del pavimento en rutas federales de Brasil* [Tesis de maestría, Universidade Federal do Paraná].

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). *Seguridad vial y salud pública en América Latina*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Seguridad vial en América Latina y el Caribe: Situación y desafíos*.
- Ortiz, L. (2023). Impacto de la sobrecarga vehicular en el deterioro del pavimento de carreteras regionales del sur del Perú. *Revista Peruana de Infraestructura y Transporte*, 8(1), 91–106.
- Rodríguez, P. (2021). *Evaluación de la eficiencia de estaciones de pesaje para conservar el pavimento en la vía Medellín–Bogotá* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Sánchez, L. (2022). *Impacto del sobrepeso vehicular en la vida útil del pavimento flexible en la carretera Panamericana Sur (tramo Arequipa–Moquegua)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. (2019). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de básculas de pesaje dinámico en corredores logísticos*.
- Torres, J. (2020). *Evaluación del estado de conservación del pavimento en la vía Huancayo–Satipo en función de la carga vehicular* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Valdivia, E. (2018). *Efectos del sobrepeso vehicular en las condiciones del pavimento de la carretera Central* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

CONTEO VEHICULAR - TRAMO 2 - LUNES																				
TRAMO DE LA CARRETERA		2		Lambrama - Emp. AP-113		ESTACION		SAL LAMBRAMA												
SENTIDO		E		AMBOS		S		CODIGO DE LA ESTACION		EC-02										
UBICACIÓN		LAMB RAMA - ABANCAY-APURIMAC		DIA Y FECHA		LUNES		2024												
DIA		LUNES																		
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	CR		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E																			
	S		1			6			1											
01-02	E	1				1			1											
	S	4	4			4			3	2	1									
02-03	E	3	2			2			1											
	S	4	2			2														
03-04	E					2														
	S	1	1			1														
04-05	E		2																	
	S	8	3	3	3	2			1											
05-06	E	1				1			2											
	S	9	5	3	2	7														
06-07	E	5	2	1		6			2											
	S		1			2			2	2										
07-08	E	2				1														
	S	4	4	1	3	1														
08-09	E	6	2	4	2				1											
	S	2	1	1	1	1			2											
09-10	E	5	2			3			1											
	S	1	2	1					2											
10-11	E	5							2											
	S	1	4	2	2															
11-12	E	4	4	1	2				1											
	S	1							3											
12-13	E	5		1																
	S		1	1		2														
13-14	E	3	1	1		3			3											
	S	1	2	1	1	5			1	1										
14-15	E	4	1	3	2	1				1										
	S	1	1		1	3				1										
15-16	E	1	1	3	1	5			1											
	S	2	2	0	1															
16-17	E	1	2			1			3	2										
	S			4	1				1											
17-18	E			1	2	1														
	S	4	2	2		1			2	4										
18-19	E	2	1	1					5	1										
	S	2		1																
19-20	E	2	1	4		2			4	1										
	S	1							2	1										
20-21	E			2	1	2														
	S			1																
21-22	E	2		1					2											
	S	1		2					1											
22-23	E	1		1					1											
	S			1					1	1										
23-24	E																			
	S																			
PARCIAL:		100	56	49	26	67	0	0	0	52	17	1	0	0	0	0	0	0	0	

CONTEO VEHICULAR - TRAMO 3 - LUNES																					
TRAMO DE LA CARRETERA		3		Emp. AP-113 - Chuquibambilla		ESTACION		ENT. CHUQUIBAMBILLA													
SENTIDO		E		AMBOS		S		CODIGO DE LA ESTACION		EC - 03											
UBICACION		CHUQUIBAMBILLA - ABANCAY - APURIMAC		DIA Y FECHA		LUNES		2024													
DIA		LUNES																			
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	CR		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
00-01	E	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
01-02	E	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
02-03	E	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	1	2	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
03-04	E	2	3	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	4	5	2	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
04-05	E	3	3	3	2	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	2	3	3	2	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
05-06	E	1	2	1	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	7	1	0	3	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
06-07	E	3	0	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	2	2	0	1	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
07-08	E	6	2	1	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	1	1	2	2	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
08-09	E	1	2	4	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	2	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
09-10	E	5	4	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	4	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10-11	E	3	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	4	5	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
11-12	E	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	5	4	3	0	3	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
12-13	E	4	2	3	2	1	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0		
	S	4	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13-14	E	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	3	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14-15	E	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15-16	E	2	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	0	0	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
16-17	E	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	2	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
17-18	E	3	5	3	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	4	5	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18-19	E	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	4	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
19-20	E	3	2	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20-21	E	3	3	2	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	3	2	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21-22	E	4	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22-23	E	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	2	0	1	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23-24	E	2	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	S	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PARCIAL:		114	93	72	31	46	0	0	0	84	18	1	0	0	0	0	0	0	0		

CONTEO VEHICULAR - TRAMO 7 - LUNES																				
TRAMO DE LA CARRETERA		7 Progreso - Challhuahuacho																		
SENTIDO		E AMBOS S																		
UBICACIÓN		PROGRESO -ABANCAY-APURIMAC																		
DIA		LUNES																		
ESTACION		ENT. CHALLHUAHUACHO																		
CODIGO DE LA ESTACION		EC - 07																		
DIA Y FECHA		LUNES 2024																		
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	CR	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
00-01	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	E	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	S	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	E	3	5	3	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	S	2	4	4	3	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	E	6	4	5	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	S	7	7	10	5	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	E	8	7	10	2	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	S	7	7	6	2	3	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	E	9	9	11	4	2	2	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	S	8	7	5	6	4	1	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	E	10	7	8	9	5	2	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	S	7	3	10	4	2	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	E	8	5	4	1	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	S	7	5	9	2	3	1	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	E	7	7	12	3	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	S	6	7	7	4	0	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	E	5	4	10	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	S	8	3	8	1	3	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	E	5	3	11	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	S	4	2	3	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	E	6	1	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	S	4	1	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	E	4	1	12	3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	S	4	6	14	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	E	9	6	12	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	S	6	6	9	3	5	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	E	8	6	20	5	3	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	S	15	4	8	1	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	E	7	1	14	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	S	21	8	6	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	E	6	1	7	2	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	S	14	4	8	2	3	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	E	7	4	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	S	7	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	E	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	S	5	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	E	3	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	S	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		253	149	268	75	83	9	0	0	86	57	1	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo B. Matriz de Consistencia

Título: “propuesta de control de peso a los vehículos de carga a fin de mejorar la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF del tramo 1, 2 y 3, Abancay – Apurímac”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Problema general: ¿Qué efectos generará la implementación de un sistema de control de peso vehicular sobre la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III: Abancay – Grau, en el departamento de Apurímac?</p> <p>Problema específico 1: ¿En qué medida la ausencia de control de peso a los vehículos de carga incide en el deterioro acelerado del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III: Abancay – Grau?</p> <p>Problema específico 2: ¿Qué instrumentos o tecnologías resultan más adecuados para implementar un sistema eficiente de control de peso a los vehículos de carga?</p> <p>Problema específico 3: ¿Cuál sería la ubicación estratégica más apropiada para instalar un sistema de control de peso que minimice la evasión por rutas alternas?</p>	<p>Objetivo general: Determinar los efectos de la implementación de un sistema de control de peso a los vehículos de carga en la conservación del pavimento de la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III: Abancay – Grau, en el departamento de Apurímac.</p> <p>Objetivo específico 1: Evaluar el grado de afectación del pavimento generado por la circulación de vehículos de carga con sobrepeso.</p> <p>Objetivo específico 2: Identificar los instrumentos y tecnologías más adecuados para el control de peso vehicular.</p> <p>Objetivo específico 3: Determinar el punto o ubicación estratégica óptima para la implementación del sistema de control de peso, considerando el flujo vehicular y posibles rutas alternas.</p>	<p>Hipótesis general: La implementación de un sistema de control de peso a los vehículos de carga permitirá mejorar significativamente la conservación del pavimento en la ruta PE-3SF, Tramo I, II y III: Abancay – Grau.</p> <p>Hipótesis específica 1: La falta de control de peso a los vehículos de carga incide negativamente en el estado de conservación del pavimento.</p> <p>Hipótesis específica 2: El uso de tecnologías adecuadas para el control de peso vehicular contribuye a una gestión más eficiente del tránsito pesado y a la protección de la infraestructura.</p> <p>Hipótesis específica 3: La identificación de una ubicación estratégica para el control de peso reducirá la evasión por rutas alternas, favoreciendo el cumplimiento normativo y la conservación del pavimento.</p>	<p>Variable independiente: Control de peso vehicular</p>	<p>Porcentaje de vehículos controlados</p> <p>Existencia de estaciones de pesaje</p> <p>Frecuencia de fiscalización</p>	<p>Fichas de observación</p> <p>Inspección visual</p> <p>Fichas técnicas de Provias</p>
			<p>Variable dependiente: Conservación del pavimento</p>	<p>ESAL</p> <p>Índice de condición del pavimento (PCI)</p> <p>Registro de fallas</p> <p>Conservación</p>	