



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Relación entre el estado de las vías Riobamba-Penipe, Riobamba-Guano
y el costo de mantenimiento vehicular de buses**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Villarroel Villarroel Darwin Daniel

Tutor:

Ing. Saldaña García Carlos Sebastián

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Darwin Daniel Villarroel Villarroel**, con cédula de ciudadanía **060486321-7**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Relación entre el estado de las vías Riobamba-Penipe, Riobamba-Guano y el costo de mantenimiento vehicular de buses”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 14 de noviembre de 2025.



Darwin Daniel Villarroel Villarroel

C.I: 060486317-7



DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

En la Ciudad de Riobamba, a los 7 días del mes de octubre de 2025, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Darwin Daniel Villarroel Villarroel** con CC: **0604863217**, de la carrera **Ingeniería Civil** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado **“Relación entre el estado de las vías Riobamba-Penipe, Riobamba-Guano y el costo de mantenimiento vehicular de buses”**, por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.


Ing. Carlos Sebastián Saldaña García.

TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE LAS VÍAS RIOBAMBA-PENIPE, RIOBAMBA-GUANO Y EL COSTO DE MANTENIMIENTO VEHICULAR DE BUSES”, presentado por Darwin Daniel Villarroel Villarroel, con cédula de identidad número 060486321-7, bajo la tutoría del Ing. Carlos Sebastián Saldaña García; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 19 de noviembre de 2025.

Ing. Vladimir Pazmiño, MGs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Ángel Paredes, MGs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Julio Fiallos, MGs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, Darwin Daniel Villarroel Villarroel con CC: 060486217; estudiantes de la Carrera de **Ingeniería Civil, VIGENTE**, Facultad de **Ingeniería**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: "**RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE LAS VÍAS RIOBAMBA PENIPE, RIOBAMBA-GUANO Y EL COSTO DE MANTENIMIENTO VEHICULAR DE BUSES**", cumple con el **8%** (2% similitud y 6% textos potencialmente generados por IA), de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 07 de noviembre de 2025



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS SEBASTIAN
SALDANA GARCIA**

Validar únicamente con FirmaSC

Mgs. Carlos Saldaña García
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño y gratitud a mi madre Gisela, cuya fortaleza, dedicación y amor incondicional han sido mi refugio y mi impulso en cada etapa de mi vida. Gracias, mamá, por enseñarme que los sueños se alcanzan con constancia y humildad, y por estar siempre a mi lado incluso en los momentos más difíciles. A mi padre César, por ser ejemplo de responsabilidad, esfuerzo y perseverancia. Tus consejos, tu guía y tu confianza en mis capacidades me han acompañado silenciosamente en cada decisión y cada logro de este camino académico. A mis hermanos Pamela y Stiven, quienes con su apoyo, compañía y palabras de ánimo llenaron de fuerza mis días de estudio y trabajo. Gracias por creer en mí y por recordarme, con su cariño, la importancia de seguir adelante sin rendirse. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial de este logro. Esta tesis no solo representa mi esfuerzo personal, sino también el amor, la unión y los valores que me han brindado a lo largo de mi vida. A ustedes, con profundo agradecimiento, dedico este triunfo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todas las personas e instituciones que hicieron posible éste hito en mi vida personal y profesional. Expreso mi sincera gratitud a mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y su constante motivación. Su confianza en mí ha sido la fuerza que me ha impulsado a superar cada desafío de este proceso académico. Extiendo mi agradecimiento a mis docentes y a la Universidad Nacional de Chimborazo, por compartir su conocimiento, por su guía durante mi formación profesional y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo. Su pasión y compromiso han sido fundamentales para mi crecimiento como futuro profesional.

Agradezco también a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su tiempo, experiencia o palabras de aliento. Cada gesto, cada consejo y cada apoyo recibido han dejado una huella valiosa en la construcción de este logro. Finalmente, agradezco a quienes participaron directa o indirectamente en la realización de esta investigación. Este proyecto no solo representa un esfuerzo personal, sino también el fruto del acompañamiento y colaboración de todos ustedes. Muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Estado del arte.	19
2.2 Marco conceptual.	19
2.2.1 Infraestructura vial.....	19
2.2.2 Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	20
2.2.3 Medición de IRI con aplicativo móvil.....	21
2.2.4 Transporte intercantonal	22
2.2.5 Tipos y costo de mantenimiento vehicular	22
2.2.6 Relación de IRI y costo de mantenimiento vehicular.....	25
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	26
3.1 Tipo de Investigación.	26

3.2	Diseño de Investigación.....	26
3.3	Técnicas de recolección de Datos.....	26
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra.....	27
3.5	Hipótesis de ser el caso.....	27
3.6	Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
4.1	Resultados.....	29
4.1.1	Resultados IRI.	29
4.1.2	Resultados encuestas.	37
4.2	Discusión.	47
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES		48
5.1	Conclusiones.....	48
5.2	Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA		50
ANEXOS		53

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Categorización de IRI según Sayers et al.	21
Tabla 2. Rubros considerados para mantenimiento preventivo por la ANT.	23
Tabla 3. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.	27
Tabla 4. Categorización de IRI según Gómez et al. (2016).....	28
Tabla 5. Datos iniciales Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Guano.....	34
Tabla 6. Obtención de Estadístico KS Riobamba-Guano.....	35
Tabla 7. Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Guano.	35
Tabla 8. Datos iniciales Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Penipe.	36
Tabla 9. Obtención de Estadístico KS Riobamba-Penipe.....	36
Tabla 10. Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Penipe.	37
Tabla 11. Resumen de resultados de IRI y Estado vial.	37
Tabla 12. Resumen de unidades encuestadas válidas por cooperativa.	38
Tabla 13. p-Value y Validación de Normalidad 1° Encuesta Riobamba-Guano...	40
Tabla 14. p-Value y Validación de Normalidad 2° Encuesta Riobamba-Guano...	40
Tabla 15. p-Value y Validación de Normalidad 1° Encuesta Riobamba-Penipe. .	41
Tabla 16. p-Value y Validación de Normalidad 2° Encuesta Riobamba-Penipe. .	41
Tabla 17. Mediana, Desviación estándar y Coeficiente de correlación de Pearson de las encuestas ruta Riobamba-Guano.....	41
Tabla 18. Mediana, Desviación estándar y Coeficiente de correlación de Pearson de las encuestas ruta Riobamba-Penipe.....	42
Tabla 19. Costos de mantenimiento anual de componentes de mayor recambio vía Riobamba-Guano.....	43
Tabla 20. Costos de mantenimiento anual de componentes de mayor recambio vía Riobamba-Penipe.	43
Tabla 21. Costo de mantenimiento vehicular por kilómetro recorrido.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología del presente trabajo de investigación.....	26
Figura 2. Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Riobamba-Guano.....	29
Figura 3. Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Guano-Riobamba.....	30
Figura 4. Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Riobamba-Penipe.....	31
Figura 5. Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Penipe-Riobamba.....	32
Figura 6. Comparación de diagramas de cajas y bigotes entre rutas.....	33
Figura 7. Comparación entre diagramas de cajas y bigotes entre rutas ida + retorno.....	34
Figura 8. Mediana de costos por elemento de recambio ruta Riobamba-Guano...	39
Figura 9. Mediana de costos por elemento de recambio ruta Riobamba-Penipe....	39
Figura 10. Diagrama radial comparativo de costos de mantenimiento entre rutas.	44
Figura 11. Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs. Costo anual de mantenimiento.	45
Figura 12. Costos de mantenimiento vehicular de buses por kilómetro recorrido vs IRI.....	47

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone determinar si existe relación entre el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y el costo de mantenimiento vehicular asociados al estado de la superficie de rodadura por la que los buses cubren las rutas Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe. Se obtuvieron los datos a través de las técnicas de encuesta y recolección de IRI con sensores presentes en teléfonos celulares. A través de cuestionarios estructurados aplicados en dos tiempos a propietarios y conductores de las unidades de transporte se pudo obtener los costos asociados al mantenimiento vehicular de buses mientras que se utilizó la aplicación Physics Toolbox Suite se registraron aceleraciones lineales, giros y ubicación que se procesaron en Microsoft Excel de forma que se obtuvieron valores de IRI representativos para cada tramo de 400 metros. Para la recolección de datos se manejaron tres tipos de técnicas: revisión bibliográfica, ensayo mediante el rugosímetro de Merlín, y la aplicación de encuestas a los usuarios. Una vez obtenido los resultados del indicador IRI se procedió a clasificarlos en categorías a través de todo el carril y finalmente se determinó un valor IRI Representativo de 2,98 para la vía Riobamba-Guano y 2,79 para la vía Riobamba-Penipe. De igual forma los encuestados reportaron costos de mantenimiento anual de \$5687,67 para quienes prestan el servicio de transporte en la vía Riobamba-Guano y \$7891,79 para sus similares de Riobamba-Penipe. Se determinan estados viales de categoría “Bueno” para ambas vías, mientras que los costos presentan diferencias significativas no permitiendo así una relación efectiva entre ambos parámetros siendo necesarios más estudios o a su vez su complemento con otros indicadores.

Palabras claves: IRI, Riobamba, Guano, Penipe, Mantenimiento vehicular,

ABSTRACT

This research aims to determine whether there is a relationship between the International Roughness Index (IRI) and vehicle maintenance costs associated with road surface condition for buses traveling on the Riobamba-Guano and Riobamba-Penipe routes. Data was obtained through surveys and IRI collection using cell phone sensors. Structured questionnaires, administered twice to owners and drivers of the transport units, provided information on bus maintenance costs. Linear accelerations, turns, and position were recorded using the Physics Toolbox Suite application. These data were then processed in Microsoft Excel to obtain representative IRI values for each 400-meter segment. Three data collection techniques were used: a literature review, testing with a Merlin roughness tester, and user surveys. After obtaining the IRI indicator results, the values were categorized across the entire lane. Ultimately, Representative IRI values of 2.98 for the Riobamba-Guano road and 2.79 for the Riobamba-Penipe road were determined. Similarly, respondents reported annual maintenance costs of \$5,687.67 for those providing transportation services on the Riobamba-Guano road, and \$7,891.79 for their counterparts on the Riobamba-Penipe road. Both roads were classified as being in the "Good" category. However, the costs showed significant differences, preventing an effective correlation between the two parameters. Further studies or the integration of other indicators are necessary.

Keywords: IRI, Riobamba, Guano, Penipe, Vehicle maintenance.



Reviewed by:

Mgs. Jessica María Guaranga Lema

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0606012607

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

En el marco del desarrollo económico y social de la provincia de Chimborazo es fundamental garantizar las conexiones físicas que posibiliten el transporte de ciudadanos y mercancías bajo condiciones de seguridad y rapidez. Tras una primera inspección se puede identificar deficiencias que afectan al objetivo inherente de las vías que conectan la ciudad de Riobamba con la ciudad de Guano y de igual manera la ciudad de Riobamba con su semejante Penipe.

Para una gestión vial adecuada es necesario calificar las condiciones viales con indicadores que permitan traducir la condición de la superficie de las carreteras a un valor. En este contexto es posible analizar y evaluar los pavimentos desde el punto de vista estructural y funcional, éste último determinado por la percepción del usuario en cuanto a comodidad y seguridad, una superficie regular conlleva a un mayor confort del usuario al transportarse con la misma y del mismo modo tiene incidencia con los costos que asumirá para el mantenimiento y operación de su vehículo. (Badilla Vargas, 2009)

La influencia del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en los costos de mantenimiento de los vehículos ha sido objeto de creciente interés en el campo de la ingeniería del transporte. Las diversas fuentes revelan un creciente reconocimiento del IRI como un indicador crítico del rendimiento del pavimento, en particular en lo que respecta a su impacto en la conducción y las consiguientes implicaciones económicas para el mantenimiento de los vehículos.

En su artículo de 2021, Qiao et al. exploran la relación entre los tipos de deterioro del pavimento y el IRI. Destacan que la regularidad del pavimento, cuantificada a través del IRI, afecta significativamente a la comodidad de la conducción, un factor esencial para los usuarios de la carretera. Su investigación indica que el IRI tiende a aumentar linealmente con grietas transversales, baches, depresiones e hinchazones, etc. Esta relación lineal sugiere que a medida que las condiciones del pavimento se deterioran, la calidad de conducción asociada disminuye, lo que conduce a una mayor probabilidad de aumento de los costos de mantenimiento del vehículo.

Los hallazgos presentados por Qiao et al. contribuyen a la comprensión de cómo el IRI no sólo sirve como una métrica de rendimiento para la calidad del pavimento, sino también como un predictor de la carga económica asociada con el mantenimiento del vehículo. Esta relación subraya la necesidad de que las agencias de transporte y los

propietarios de vehículos den prioridad a las evaluaciones del IRI en sus estrategias de mantenimiento para mejorar la calidad de la conducción y reducir los costos de forma eficaz.

Relacionar el estado vial con los costos de mantenimiento no es una idea nueva, es de este modo que Arroyo & Aguerrebere (2002) como parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México exploran el costo de mantenimiento vehicular distinguiendo varios tipos de vehículos y menciona que el Costo Operación Base expresado en pesos por vehículo por cada kilómetro para el caso de autobuses alcanza los 6.79, dato que se encuentra desactualizado y no se adapta a las condiciones reales de la localidad.

Encontramos a su vez que en un estudio similar realizado por Vaca & Guamán en 2023 en la ciudad del Tena, donde resalta que los buses de transporte urbano gastan más dinero del estimado por el GAD local destinado a mantenimiento de unidades. El costo estimado de operación de vehículos de transporte de pasajeros se alinea con un documento emitido por la Agencia Nacional de Tránsito en diciembre del 2021 denominado “Metodología para la definición de la tarifa de transporte terrestre público intracantonal urbano en Ecuador” donde entre otros se considera dentro del apartado de costos variables el combustible, neumáticos, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo; indicando así la estrecha relación entre su desgaste y el costo asumido por el usuario de las vías.

Almenara en 2015, explora el uso de teléfonos inteligentes como una alternativa económica y accesible para medir la regularidad de pavimentos, una propiedad clave que se suele evaluar mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI). Tradicionalmente, los métodos para medir el IRI requieren equipos especializados, los cuales pueden ser costosos y complejos de operar. Propone un método en el cual sensores de aceleración y giroscopios integrados en teléfonos inteligentes registran los movimientos y vibraciones producidos al desplazarse sobre diferentes superficies de pavimento. A través de la recolección y procesamiento de estos datos, se calcula el IRI de manera aproximada, permitiendo una estimación accesible y práctica de la condición de las vías.

La investigación analiza la precisión de esta metodología al compararla con los métodos convencionales de medición, mostrando que los teléfonos inteligentes pueden ser una herramienta útil y efectiva en la evaluación de la regularidad en pavimentos, especialmente en contextos donde los recursos para equipos de medición especializados son limitados. (Almenara, 2015)

1.2 Planteamiento del problema

El deterioro progresivo de la infraestructura vial en las vías que conectan Riobamba la capital provincial, con dos de las principales cabeceras cantonales aledañas ha generado inquietudes sobre el impacto en la operación del transporte público, particularmente en el costo de mantenimiento de los buses que prestan servicio en estas rutas.

Los buses de transporte público son fundamentales para la movilidad de los habitantes de estas zonas de modo que según Tejada (2002) debe darse bajo criterios de traslado eficiente, seguridad, rapidez y comodidad, sin embargo, los costos de mantenimiento vehicular se han visto incrementado en los últimos años, lo cual se puede ver relacionado con condiciones cada vez más deficientes de las carreteras. El desgaste de componentes como la suspensión, los frenos y los neumáticos se ve potenciado por el mal estado de las vías, afectando tanto la calidad del servicio como la sostenibilidad económica de quienes conforman las empresas de transporte.

El IRI, que mide la regularidad de la superficie vial, es un indicador ampliamente utilizado para evaluar el estado funcional de las carreteras y su impacto en los vehículos. Las vías con un IRI elevado no solo generan incomodidad para los usuarios, sino que también incrementan el desgaste de los vehículos, lo que eleva los costos de mantenimiento. (Arroyo & Aguerrebere, 2002)

A pesar de que existe una percepción clara de la relación entre el mal estado de las vías y el aumento en los costos operativos de los buses, no se cuenta con estudios locales que cuantifiquen esta relación de manera precisa. Esto crea una brecha de conocimiento que impide que la toma de decisiones respecto a la priorización de intervenciones y la planificación de estrategias de mantenimiento tanto vehicular como de la infraestructura vial se adapten a las características y requerimientos propios de la zona.

De este modo surge la interrogante: ¿Cómo afecta el estado de las vías que conecta Riobamba con las cabeceras cantonales de Penipe y Guano en el costo del mantenimiento vehicular que asume el usuario que brinda servicio de transporte de pasajeros?

1.3 Justificación

El estado de las vías es un factor sumamente importante en la seguridad, eficiencia y economía del transporte, especialmente en rutas de servicio de transporte público intercantonal como Riobamba-Penipe y Riobamba-Guano, que representan importantes

conexiones para la movilidad de las personas y el comercio. El estado de las carreteras a más de afectar la comodidad y la seguridad de los usuarios también tiene un

impacto directo en los costos de mantenimiento de los vehículos que transitan por ellas, como los buses de transporte público.

El indicador IRI expresa de manera numérica las irregularidades de la superficie de rodadura y se relaciona con el desgaste vehicular. Considerando que las carreteras con un IRI alto indican mayor regularidad y por ende una superficie de rodadura menos uniforme, es razonable esperar que el deterioro de las vías incremente los costos de mantenimiento de los vehículos debido a daños frecuentes en sistemas principalmente en suspensión, frenos, neumáticos, no siendo los únicos sistemas comprometidos.

Por lo tanto, esta tesis busca establecer una relación directa entre el estado vial de las rutas mencionadas, medido mediante el IRI, y los costos de mantenimiento vehicular en los buses que prestan servicios en estas rutas. Este estudio será de gran relevancia tanto para las autoridades locales responsables del mantenimiento vial como para las empresas de transporte, ya que permitirá tomar decisiones informadas sobre la priorización de intervenciones viales y la optimización de costos en la operación del transporte público.

Además, contribuirá al conocimiento técnico en el ámbito de la ingeniería civil, ya que no solo se limitará a evaluar las condiciones viales, sino que también ofrecerá una visión integral del impacto económico que tiene el deterioro de las vías sobre los transportistas, lo que puede influir en la planificación de futuras inversiones en infraestructura vial.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar si existe relación entre el valor del IRI y los costos de mantenimiento vehicular para identificar cómo las condiciones de regularidad y deterioro vial impactan en los costos operativos de los vehículos de transporte público.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el estado vial de las vías Riobamba-Penipe y Riobamba-Guano mediante el cálculo del Índice de regularidad Internacional (IRI) en diferentes tramos, para obtener un diagnóstico detallado de las condiciones actuales de ambas rutas.
- Evaluar los costos de mantenimiento vehicular de los buses que operan en las rutas Riobamba-Penipe y Riobamba-Guano, clasificándolos en categorías como: mantenimiento preventivo, correctivo, costos de neumáticos, suspensión, entre otros componentes afectados por el estado vial.

- Relacionar el impacto de las condiciones de regularidad y deterioro vial con los costos de mantenimiento asociados al servicio de transporte de pasajeros en las vías Riobamba-Penipe y Riobamba-Guano.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado del arte.

Varios estudios en el pasado han tenido por objetivo relacionar el estado vial expresado a través del indicador IRI con costos asociados tanto al mantenimiento vehicular como el consumo de combustibles, asimismo sus implicaciones en la calidad de vida de los usuarios. En aras de promover un plan de conservación sostenible es importante cuantificar el nivel de afectación en función de la realidad local y nacional.

En este contexto aparecen trabajos como el desarrollado por Cabezas (2024) donde propone un “Modelo de Gestión de Conservación Vial para pavimentos flexibles de la red vial rural del Cantón Guano” en donde indica que no existe un inventario actualizado de la red vial local acarreado así un desconocimiento del estado de cada una de las vías en materia de necesidad de mantenimiento o rehabilitación. Se aborda la temática desde el indicador PCI, que identifica fallas de la superficie adjuntando puntuaciones por tramos. Si bien no se incluye directamente el IRI en el estudio nos permite tener una radiografía del lugar donde se realiza a cabo la presente investigación.

Destaca por otro lado Rodríguez (2011) indicando que en gran medida el deterioro prematuro se debe a la falta de mantenimiento vial, siendo identificable un cumplimiento prematuro de su ciclo de vida conllevando a la necesidad de rehabilitaciones integrales en periodos de tiempo cada vez más cortos, en su trabajo “Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo” destaca la falta de políticas viales de los organismos locales y nacionales que a su vez conduce un descontento generalizado de los usuarios.

No se encontraron documentos técnicos que exploren de manera profunda el IRI en las vías que conectan las cabeceras cantonales de Riobamba desde y hacia Guano, así como su similar que conecta Riobamba y Penipe.

2.2 Marco conceptual.

2.2.1 Infraestructura vial

Al abordar el tema de la infraestructura vial hemos de considerarlo como el conjunto de carreteras, vías, calles y caminos que posibilitan el transporte de manera rápida y eficaz, esto a su vez incluye la capacidad de servicio de cada una de ellas, además de sus condiciones operativas. Cerquera (2007) incluye además conceptos de capacidad que hace referencia a la máxima cantidad de vehículos o personas que pueden atravesar un punto bajo condiciones

controladas; y niveles de servicio que se relaciona con las condiciones bajo las cuales se realiza el proceso de transporte, agrupa entre otros factores como velocidad, tiempo de recorrido, maniobrabilidad, interrupciones de circulación, comodidad, y seguridad vial. Es importante mencionar que cada uno de los elementos mencionados se complementan con otros elementos viales que incluyen más no se limitan a:

- Superficie de rodadura.
- Bombeo o pendiente transversal.
- Cunetas laterales.
- Cunetas de coronación.
- Alcantarillas.
- Cruces de canales de riego.
- Puentes y pontones.
- Badenes o pases de cauces.
- Muros de sostenimiento y contención.
- Señales de tránsito.
- Postes de kilometraje.
- Guardavías.

Elementos que no necesariamente deben incluirse en todas las vialidades en función de factores inherentes a las condiciones del lugar de implantación.(Menéndez, 2003)

Esta infraestructura vial se consolida como un factor determinante en cuestión de desarrollo de una población, así como acceso a servicios. Implican además inversión constante, que no termina una vez materializada la vía, sino que se evidencia la necesidad de trabajos de mantenimiento que permitan preservar el mayor tiempo posible las condiciones ideales y que se posibilite el flujo de personas y vehículos en términos de rapidez, confort y seguridad. (Menéndez, 2003)

2.2.2 Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El IRI es un indicador objetivo para evaluar la regularidad del pavimento "basado en la respuesta de un vehículo de motor genérico a la rugosidad de la superficie de la carretera". Esto se hace mediante el modelo de cuarto de coche un modelo matemático que simula cómo una rueda de referencia que circula a 80 km/h respondería a las desviaciones de la superficie del pavimento (es decir, la regularidad) a lo largo de la longitud del pavimento. (Gillespie, 2001) Es un indicador ampliamente utilizado para evaluar el estado funcional de las

carreteras y posibilita un mejor manejo al momento de analizar su impacto en los vehículos. El indicador IRI expresa de manera numérica las irregularidades de la superficie de rodadura y se relaciona con el desgaste vehicular. Considerando que las carreteras con un IRI alto indican mayor regularidad y por ende una superficie de rodadura menos uniforme, es razonable esperar que el deterioro de las vías incrementa los costos de mantenimiento de los vehículos debido a daños frecuentes en sistemas principalmente en suspensión, frenos, neumáticos, no siendo los únicos sistemas comprometidos. Las vías con un IRI elevado no solo generan incomodidad para los usuarios, sino que también incrementan el desgaste de los vehículos, lo que eleva los costos de mantenimiento. (Arroyo & Aguerrebere, 2002)

Sayers et al. (1986) categoriza el IRI de la siguiente manera:

Tabla 1.

Categorización de IRI según Sayers et al.

	Regularidad de pavimento (m/km)
Muy bueno	$\leq 2,0$
Bueno	1,5–3,5
Regular	2,5–6,0
Malo	3,8–11,0
Muy malo	> 8.0

Adaptado de “Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements”, por Sayers et al., 1986. (<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/3133/72764.pdf?sequence=2>).

Lo ideal es mantener valores de IRI bajos, lo que a su vez indica un buen estado vial con regularidad alta.

2.2.3 Medición de IRI con aplicativo móvil

Desde que se implementó el IRI para la evaluación del estado de los pavimentos, se han empleado distintos métodos cada uno asociado con sus respectivas ventajas y desventajas. Gran parte las entidades encargadas de la conservación vial suelen dejar de lado este indicador debido a la viabilidad en el proceso de recolección de datos ya que la mayoría de ellos tiene escasa precisión y/o a la ineficacia de las mediciones.

Los dispositivos que se utilizan habitualmente en EE. UU. pueden dividirse en cuatro categorías: calibración y control de la construcción, sistemas de respuesta, sistemas basados en acelerómetros y sistemas de medición de perfiles sin contacto.

- Acelerómetros para determinar la altura del vehículo en relación con un marco de referencia inercial.
- Sensores de altura para medir la altura de conducción instantánea del vehículo en relación con a un punto de la carretera situado por debajo del sensor.
- Sensor de distancia o de velocidad para determinar la posición del vehículo a lo largo de la longitud de la carretera (actualmente combinado con GPS).
- Equipos y programas informáticos para calcular el perfil de la carretera.(Woodstrom, 1990)

En este contexto, la tendencia se dirige a obtener métodos que sin dejar de ser eficientes y confiables reduzcan el costo de aplicación al mínimo. En la actualidad es posible contar con smartphones que integran sensores que pueden ser explotados como es el caso en la presente investigación con aplicaciones como Physics Toolbox Sensor Suite. Esta aplicación nos permite integrar los sensores de giroscopio, acelerómetros lineales y GPS para obtener mediciones que tras su procesamiento nos permitan obtener valores aceptables de IRI.

Physics Toolbox Suite nos arroja como resultado una hoja de Excel en formato .csv que tiene que ser depurado ordenando cada valor en su respectiva columna referente a un parámetro, de este modo se puede obtener el IRI. El proceso de cálculo consiste en de una simulación usando un modelo matemático llamado “Quarter Car Model (QCM)”, el caso de un cuarto de vehículo a una velocidad de 80 km/h sobre el perfil medido y evaluar los desplazamientos acumulados en la suspensión. (Fiorentini et al., 2021)

2.2.4 Transporte intercantonal

La Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (2012) define como Servicio de transporte Intercantonal o Intraprovincial a aquel que se presta dentro de los límites provinciales entre cantones, dicho de otro modo, dentro de una misma provincia. El presente trabajo de investigación encaja en esta definición ya que brinda el transporte de pasajeros dentro de la provincia de Chimborazo entre los cantones Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe respectivamente

2.2.5 Tipos y costo de mantenimiento vehicular

Existen varias clasificaciones de tipos de mantenimiento vehicular, la (Agencia Nacional de Tránsito, 2021) elaboró una “METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA TARIFA DE TRANSPORTE TERRESTRE PÚBLICO INTRACANTONAL URBANO EN ECUADOR” que si bien no corresponde al ámbito de transporte que compete

este trabajo de investigación, se abordará con fines de uso en nuevos documentos futuros, es así como se distingue dentro del apartado de costos variables los siguientes ítems:

- Combustible.
- Neumáticos
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

El rubro de combustible ha de considerarse como el costo de compra de la cantidad multiplicada por el valor de combustible necesario para que el vehículo realice sus actividades económicas, este costo es variable en función de tamaño, potencia y condiciones de trabajo.

Neumáticos hace referencia al monto de dinero que se destina a la adquisición de neumáticos y se considera el costo de cada uno por la cantidad de estos utilizados en el año, este rubro es uno de los que se ven afectados en mayor medida debido a la buena o mala condición vial, es por tal motivo que será fundamental su análisis para el desarrollo de la presente investigación

El mantenimiento preventivo engloba varios parámetros que se destacan:

Tabla 2.

Rubros considerados para mantenimiento preventivo por la ANT.

Rubros para los cambios	Rubros para las revisiones
Aceite y Filtro Motor	Compresor de aire y medidores de presión
Aceite de transmisión Manual	Recorrido de pedales (freno y embrague)
Aceite de Diferenciales	Bujías Incandescentes / Precalentador
Aceite de Diferenciales Líquido de embrague	Bomba de cebado
Rulimanes de manzanas	Línea de combustible y conexiones
Líquido de dirección hidráulica	Operación del motor (arranque, ralentí, máx. Velocidad, aceleración)
Rotación de llantas	Presión de inflado de neumáticos
Alineación, Balanceo y Rotación	Ballestas
Líquido de frenos	Conectores y cableado
Frenos Delanteros y Posteriores	Escaneó de vehículo

Tuercas de ruedas
Freno de Parqueo
Freno de escape
Tanques de aire
Terminales, pines bocines y crucetas
Junta universal de cardan
Rodamiento de centro de cardan
Filtro de Aire motor con turbo
Filtro secador de aire
Filtro de aire acondicionado
Sistema de aire acondicionado
Filtro Combustible de línea
Filtro separador de agua
Filtro Racor Bomba
Calibración de válvulas
Tiempo de inyección
Presión de inyección y toberas
Tanque de combustible
Correas de transmisión
Pernos del cabezote
Sistema de refrigeración
Tapa de radiador
Suspensión y Carrocería
Amortiguadores
Aceite mecanismo de cabina
Luces indicadoras y de advertencia
Batería
Motor de arranque
Alternador
Chapas, Puertas y Ventanas

Adaptado de “METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA TARIFA DE TRANSPORTE TERRESTRE PÚBLICO INTRACANTONAL URBANO EN ECUADOR”, por Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (2012)

Por último, se consideran 4 rubros en el apartado de mantenimiento correctivo:

- Reparación de la bomba de inyección
- Reparación del motor
- Reparación de caja
- Reparación del diferencial

A estas últimas dos categorías se pueden incluir rubros adicionales siempre y cuando estén debidamente justificados. (Agencia Nacional de Tránsito, 2021)

2.2.6 Relación de IRI y costo de mantenimiento vehicular

La relación entre el IRI y los costos asociados a la operación y mantenimiento vehicular se ha explorado en diversas investigaciones en los últimos años con el fin de establecer patrones que lleven a una correcta gestión vial. Se ha notado una correlación directa que hace que usuarios y entidades de gestión deban tomar acciones al respecto.

Carrasco (2018) menciona que los costos asociados al mantenimiento y reparación se relaciona con el consumo (cambio y desgaste) de piezas y el trabajo necesario para su sustitución. Se ha identificado que en países con una cultura de mantenimiento vial constante se obtiene costos de mantenimiento estables y por lo general bajos en comparación con otros países donde no se tiene un enfoque de conservación vial, los costos de mantenimiento tienden a dispararse siendo más frecuente y costosas las reparaciones necesarias asumidas por el usuario. Relaciona de igual forma los costos asociados a mantenimiento vehicular principalmente con la regularidad superficial afectando en mayor medida los sistemas de amortiguación, dirección, transmisión y motor.

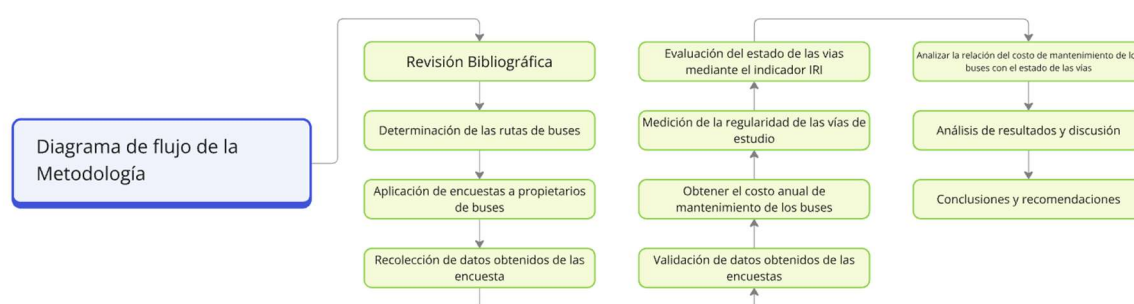
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación.

A lo largo de la presente investigación se empleará la metodología de tipo mixta, con enfoque cualitativo-cuantitativo, dado que se realizará un levantamiento que tras su procesado nos permita obtener el indicador IRI para así conocer es estado de serviciabilidad de la superficie de las vías en las rutas Riobamba Guano y Riobamba-Penipe que recorren las cooperativas de transporte Andina, 20 de Diciembre y Penipe respectivamente al momento de brindar el servicio de transporte que conecta los cantones mencionados. Se incorpora además encuestas a los propietarios y conductores de las unidades de transporte que permitirán cuantificar los costos de mantenimiento vehicular y así relacionar los con el estado vial.

Figura 1.

Diagrama de flujo de la metodología del presente trabajo de investigación.



3.2 Diseño de Investigación

La investigación es no experimental y transversal. Las variables no se verán manipuladas, sino que se observan en su contexto natural. De carácter transversal que implica que los datos fueron obtenidos en un solo momento en el tiempo, esto permite una fotografía actual del estado de las vías y sus efectos sobre el mantenimiento vehicular.

3.3 Técnicas de recolección de Datos

- Encuestas: Aplicadas en un primer instante a propietarios y para su validación a conductores de los buses que cubren exclusivamente las rutas Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe, para conocer la frecuencia, costo y tipo de mantenimientos que se realizan de manera anual en sus unidades.
- Trabajo de campo: Se recolectó datos de 4 dispositivos de manera simultánea en varios recorridos con la ayuda de la aplicación Physics Toolbox Suite, que

nos permite un registro de la aceleración vertical del vehículo, ubicación, tiempo y giro, datos que nos servirán para estimar el IRI.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

La población del presente Trabajo de Investigación se constituye por las unidades de transporte de la Cooperativa de Transporte Andina, Cooperativa de Transporte 20 de Diciembre que cubren exclusivamente la ruta Riobamba-Guano y Cooperativa de Transporte Penipe cubre la ruta Riobamba-Penipe, incluyendo sus respectivos propietarios y conductores. Esta población representa el universo desde el cual se busca relacionar la incidencia del estado de la vía en los costos de mantenimiento vehicular que tienen que asumir para su operación.

La muestra responde a la selección de rutas que son cubiertas diariamente de manera repetitiva y se excluyen unidades y/o cooperativas de transporte que diaria u ocasionalmente cubren rutas distintas o cuyos puntos de partida o llegada se encuentren fuera de la delimitación espacial presentada. Se contactó a los propietarios y conductores de las unidades de transporte de modo que a través de encuestas expresen de manera categorizada los costos en los que incurren para desempeñar sus actividades diarias. El tamaño de muestra corresponde con la totalidad de las unidades, garantizando la representatividad de los datos.

3.5 Hipótesis de ser el caso

3.6 Métodos de análisis y procesamiento de datos

El análisis de los datos se desarrolló en primera instancia obteniendo los costos anuales por cada rubro de la multiplicación de su frecuencia y costos unitarios, tras lo cual se incluye procesos estadísticos que permiten obtener los valores de promedio y mediana, además de desviaciones estándar que serán comparados entre los dos tiempos de encuestas a través de un coeficiente de relación de Pearson.

Tabla 3.

Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

Coeficiente de correlación R	Interpretación
0	Sin correlación
$\pm 0,20$	Correlación débil
$\pm 0,50$	Correlación moderada
$\pm 0,80$	Correlación buena
	Correlación perfecta

Tomado de “Correlación: no toda correlación implica causalidad”, por (Roy-García et al., 2019)

En cuanto al procesamiento del IRI, se utilizó la aplicación Physics Toolbox Suite, la cual permite registrar aceleraciones verticales a través de sensores del teléfono inteligente. Los datos se exportaron en formato .csv para su depuración y análisis posterior en hojas de cálculo y software estadístico. Se descartaron mediciones que se encuentren fuera de la zona de estudio y aquellas que puedan representar inconvenientes en el procesamiento final de modo que se pueda obtener un valor de IRI característico para cada tramo recorrido.

El procesamiento de los datos se realizó mediante Microsoft Excel, que permitieron desde la depuración, hasta categorizar, analizar y expresar gráficamente los resultados obtenidos. Se construyeron diagramas de cajas y bigotes, histogramas, gráficos que permitan visualizar los resultados.

Tabla 4.

Categorización de IRI según Gómez et al. (2016)

Categoría de Estado	Clasificación INVIAS	IRI
Muy Bueno	MB	<2,5
Bueno	B	<3,5
Regular	R	<4,5
Malo	MB	<5,5
Muy Malo	MM	>5,5

Tomado de “MODELO DE EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE CORREDORES LOGÍSTICOS EN COLOMBIA”, por Gómez et al. (2016)

El trabajo de investigación busca relacionar de manera eficaz el IRI con los costos de mantenimiento de las unidades de transporte de la localidad ecuatoriana con el fin de tener una nueva visión de diagnóstico oportuno de superficies viales que a su vez permita tomar acciones anticipadas en pro del desarrollo socioeconómico y la economía del usuario.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

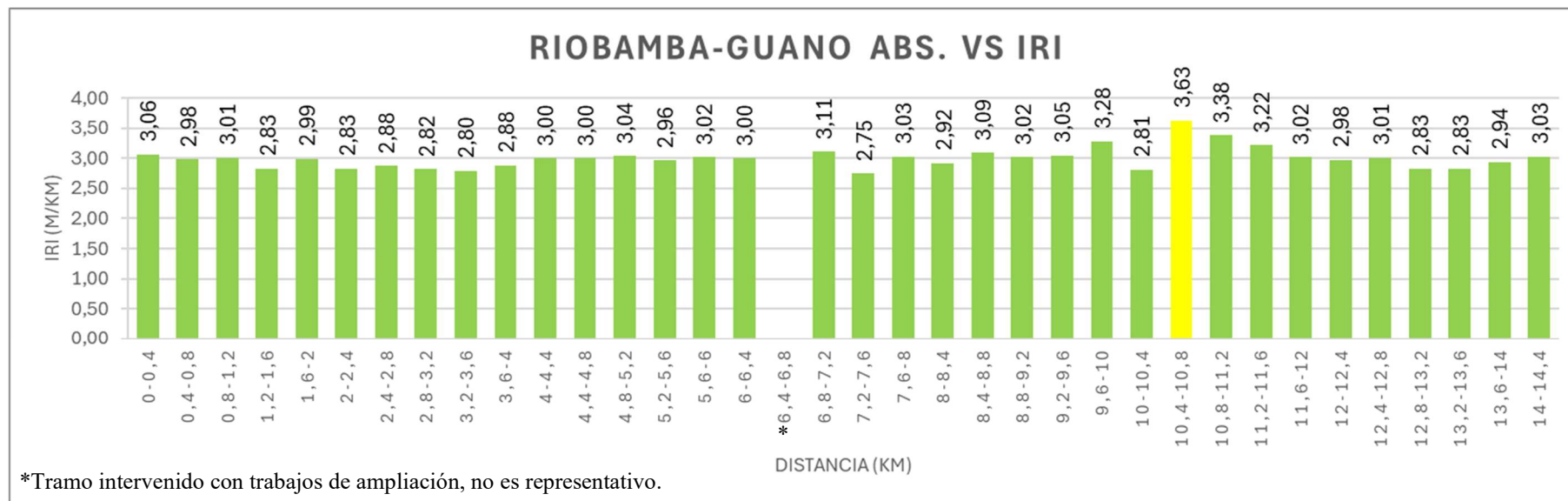
4.1 Resultados.

4.1.1 Resultados IRI.

Se presentan los resultados obtenidos del trabajo de investigación a raíz del procesamiento realizado sobre los datos recolectados en ambas instancias. Se pretende explorar la regularidad de las vías Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe y su relación con el costo de mantenimiento de las unidades de transporte cuyo servicio conecta las ciudades mencionadas. Se muestra el IRI obtenidos y los resultados de las encuestas realizadas a los propietarios y conductores.

Figura 2.

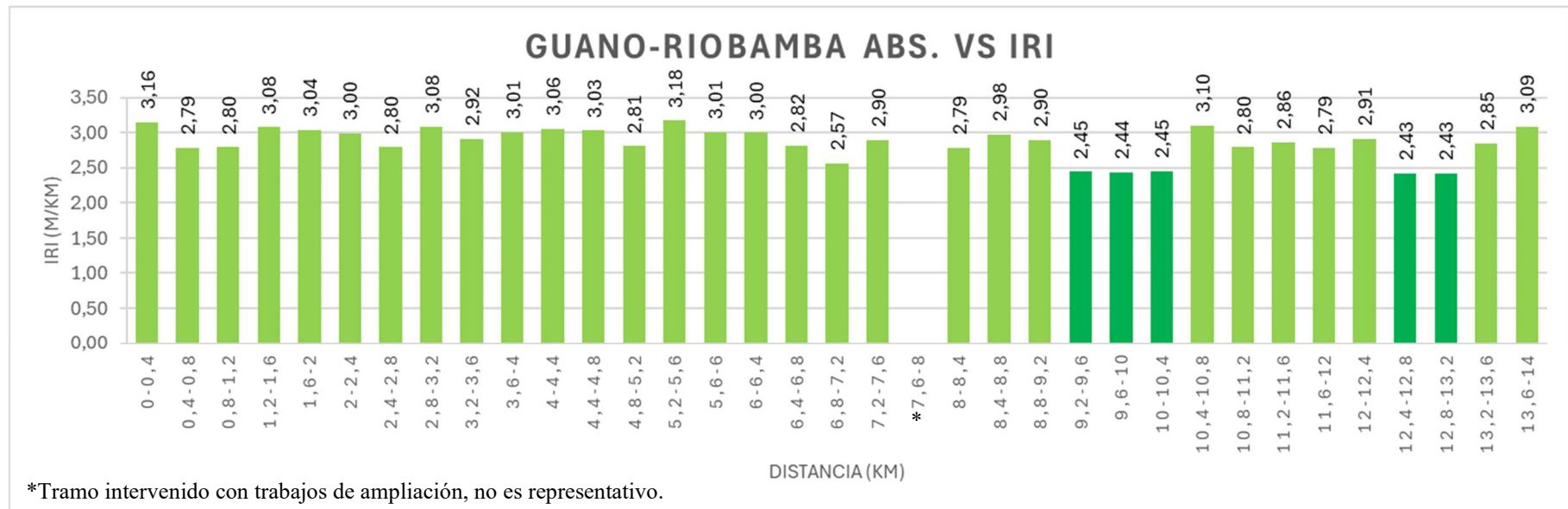
Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Riobamba-Guano.



Los diagramas de barras presentados permiten identificar las variaciones de IRI a lo largo de la ruta Riobamba-Guano, del mismo modo la escala de color corresponde con los estados viales “Bueno” en casi la totalidad de tramos y “Regular” comprendido entre el kilómetro 10,4 y 10,8.

Figura 3.

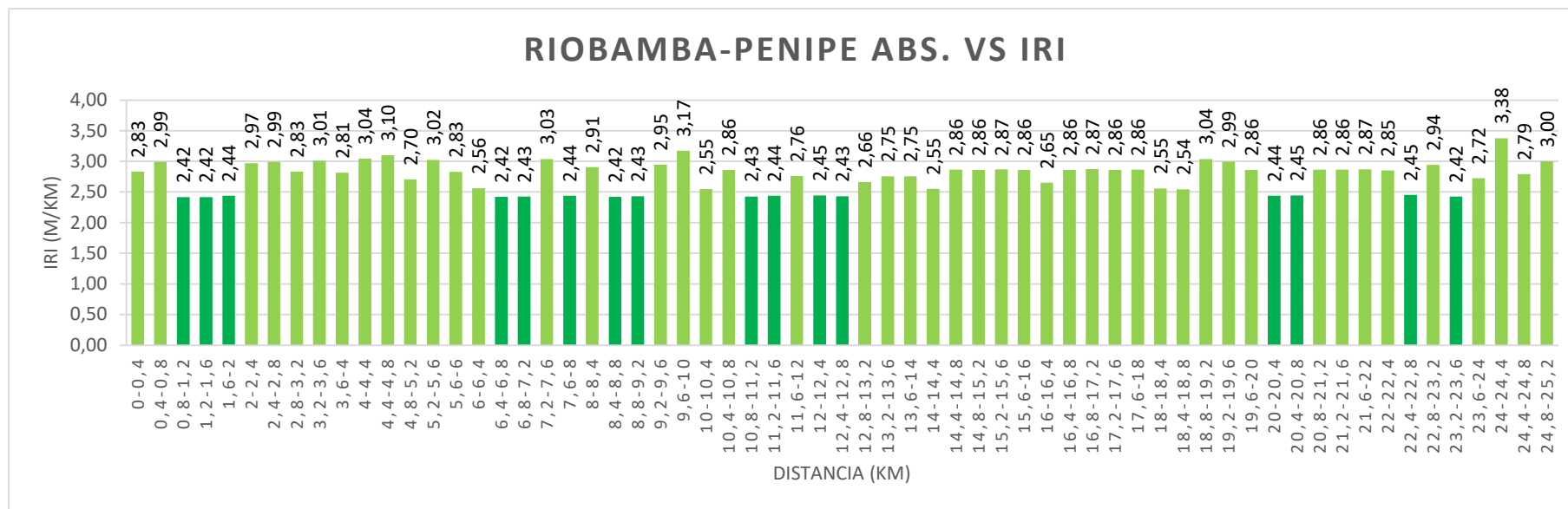
Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Guano-Riobamba.



En la vía Guano-Riobamba se identifican estados viales “Bueno” en gran parte del trayecto y “Muy bueno” comprendido entre los kilómetros 9,2 a 10,4 y 12,4 a 13,2.

Figura 4.

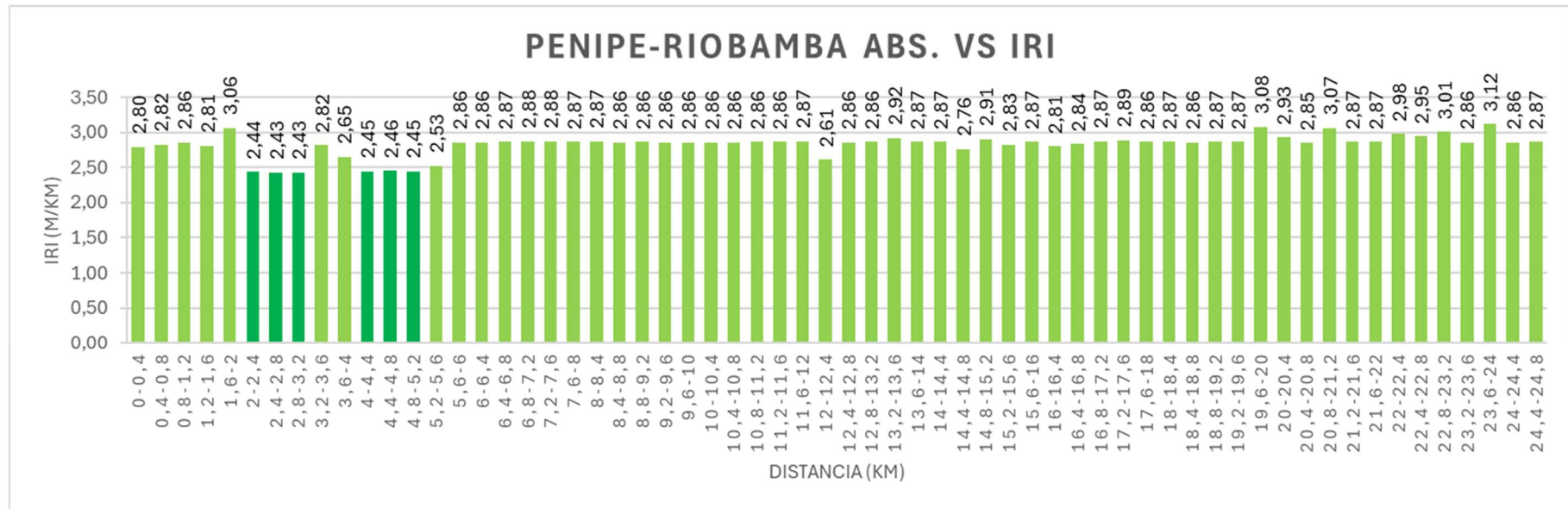
Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Riobamba-Penipe.



En la vía Riobamba-Penipe se identifica el estadio vial “Bueno” en gran parte del trayecto y “Muy bueno” comprendido entre los kilómetros 0,8 a 2,0; 6,4 a 7,2; 7,6 a 8,0; 8,4 a 9,2; 10,8 a 11,6; 12,0 a 12,8; 20,0 a 20,8; 22,4 a 22,8 y 23,2 a 23,6.

Figura 5.

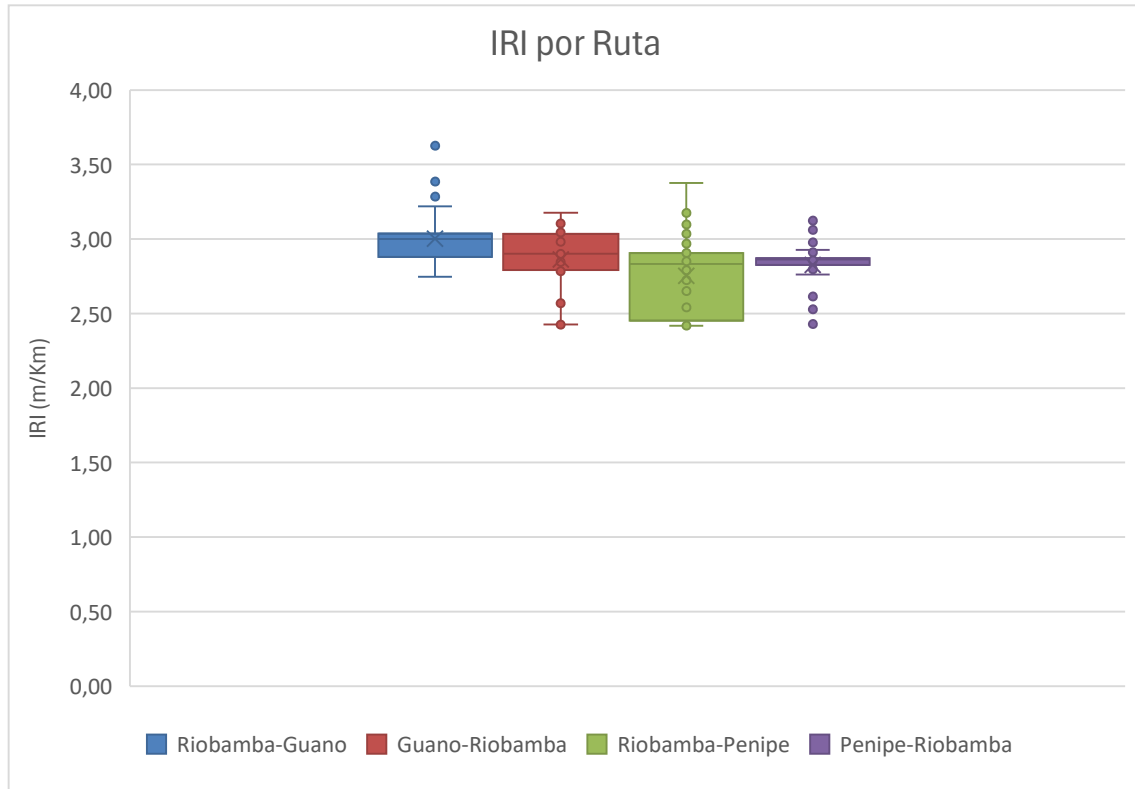
Diagrama de barras de Tramo vs IRI en la ruta Penipe-Riobamba.



En la vía Penipe-Riobamba se identifica el estadio vial “Bueno” en gran parte del trayecto y “Muy bueno” comprendido entre los kilómetros 2,0 a 3,2 y 4,0 a 5,2.

Figura 6.

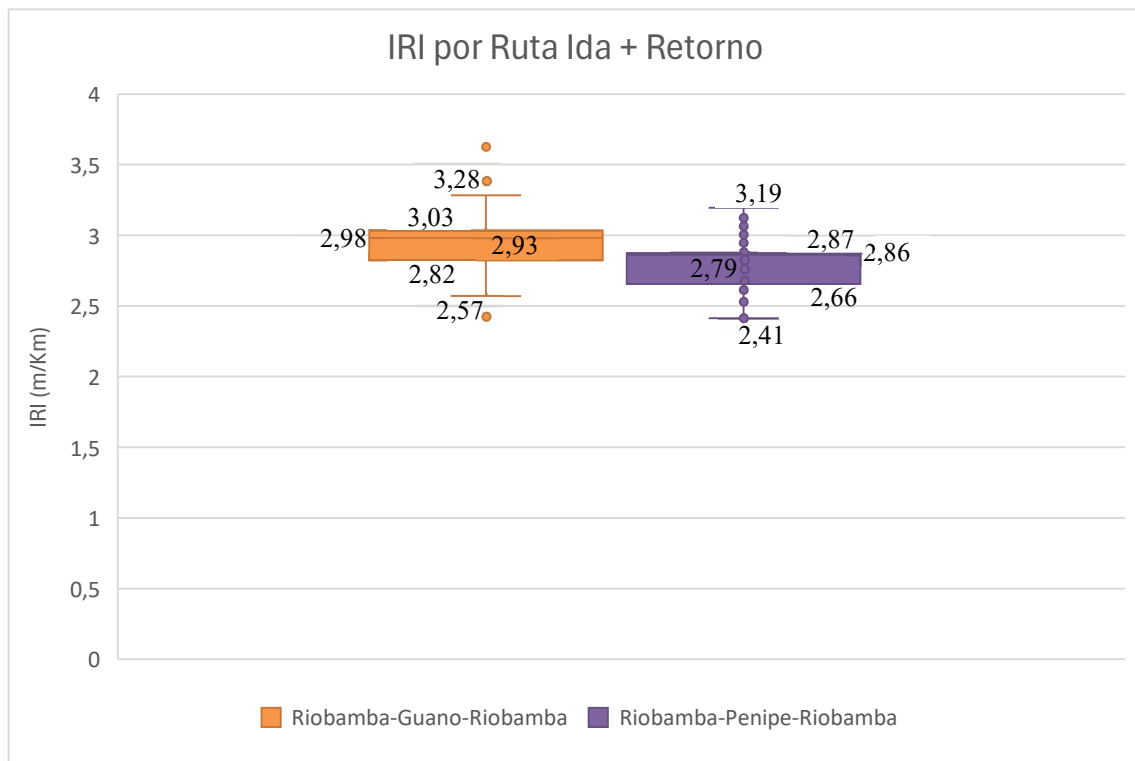
Comparación de diagramas de cajas y bigotes entre rutas.



La figura nos muestra gráficamente la amplitud entre cuartiles de cada una de las rutas, nos permite además identificar una variabilidad distinta entre los sentidos de circulación Riobamba-Guano y su retorno Guano-Riobamba. De igual forma se nota una variabilidad significativamente alta en la ruta Riobamba-Penipe en contraste con la variabilidad baja de su contraparte en sentido contrario Penipe-Riobamba, lo que da a entender que el desgaste de la superficie de rodadura en el primer caso es más irregular.

Figura 7.

Comparación entre diagramas de cajas y bigotes entre rutas ida + retorno.



El grafico complementa la ida y retorno de las vías Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe, a partir de la misma se infiere que la variabilidad de ambas es muy similar y sin embargo el estado vial de Riobamba-Penipe se encuentra en mejores condiciones.

A partir de los resultados de IRI por cada tramo se realizaron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov dado que se obtienen más de 50 valores por cada ruta de modo que podamos determinar un IRI Representativo.

Tabla 5.

Datos iniciales Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Guano.

Kolmogorov Smirnov	
Media	2,79
Desviación estándar	0,20264537
Rango	0,78
Mínimo	2,41

Máx	3,19
Cuenta	122
Raíz n	11,045361
Tamaño de Interv	0,07071215

Tabla 6.

Obtención de Estadístico KS Riobamba-Guano.

Interv	Lim.	Lim.	Frecue	Frec.	Frec. Relativa	Frec. Relativa	Frec. Esperada	Absoluto
alos	Inf.	Sup.	ncia	Relativa	Acum.			(FRA -FE)
1	2,41	2,48	23	0,1885		0,1885	0,0640	0,1246
2	2,48	2,55	1	0,0082		0,1967	0,1203	0,0764
3	2,55	2,62	2	0,0164		0,2131	0,2049	0,0083
4	2,62	2,70	7	0,0574		0,2705	0,3172	0,0467
5	2,70	2,77	1	0,0082		0,2787	0,4497	0,1710
6	2,77	2,84	11	0,0902		0,3689	0,5880	0,2192
7	2,84	2,91	52	0,4262		0,7951	0,7161	0,0790
8	2,91	2,98	8	0,0656		0,8607	0,8213	0,0394
9	2,98	3,05	9	0,0738		0,9344	0,8978	0,0366
10	3,05	3,12	5	0,0410		0,9754	0,9472	0,0282
11	3,12	3,19	2	0,0164		0,9918	0,9754	0,0164
12	3,19	3,26	1	0,0082		1,0000	0,9897	0,0103
Σ			122					

Tabla 7.

Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Guano.

Estadístico KS	0,21915783
Nivel de Significancia	0,05
Grados de libertad	122
Estadístico tabla	0,12312861
No Normal	

Dado que el Estadístico KS es mayor que el Estadístico obtenido de la tabla de Kolmogorov-Smirnov indica que los valores de IRI por tramo en la ruta Riobamba-Guano no siguen una distribución normal, por ello se empleará la mediana como IRI Representativo.

Se realiza el mismo procedimiento para los valores de IRI obtenidos en la Ruta Riobamba-Penipe.

Tabla 8.

Datos iniciales Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Penipe.

Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Penipe	
Media	2,93
Desviación estándar	0,20921675
Rango	1,20
Mínimo	2,43
Máx	3,63
Cuenta	69
Raiz n	8,30662386
Tamaño de Interv	0,14467446

Tabla 9.

Obtención de Estadístico KS Riobamba-Penipe.

Interv alos	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Frecue ncia	Frec. Relativa	Frec. Relativa Acum.	Frec. Esperada	Absoluto (FRA -FEA)
1	2,43	2,57	6	0,0870	0,0870	0,0413	0,0456
2	2,57	2,71	0	0,0000	0,0870	0,1483	0,0613
3	2,71	2,86	17	0,2464	0,3333	0,3623	0,0290
4	2,86	3,00	19	0,2754	0,6087	0,6328	0,0241
5	3,00	3,15	21	0,3043	0,9130	0,8487	0,0644
6	3,15	3,29	4	0,0580	0,9710	0,9575	0,0135
7	3,29	3,44	1	0,0145	0,9855	0,9921	0,0066
8	3,44	3,58	0	0,0000	0,9855	0,9990	0,0135
9	3,58	3,73	1	0,0145	1,0000	0,9999	0,0001

Tabla 10.

Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov Riobamba-Penipe.

Estadístico KS	0,06437924
Nivel de Significancia	0,05
Grados de libertad	69
Estadístico tabla	0,16372476
Normal	

En la ruta Riobamba-Penipe se observa que el Estadístico KS es menor que el Estadístico obtenido de la tabla de Kolmogorov-Smirnov para significancia de 0,05 de modo que sigue una distribución normal, por ello se empleará la media como IRI Representativo.

Tabla 11.

Resumen de resultados de IRI y Estado vial.

Rutas	IRI Representativo (m/Km)	Estado
Riobamba-Guano	3,00	Bueno
Guano-Riobamba	2,90	Bueno
Riobamba-Penipe	2,75	Bueno
Penipe-Riobamba	2,83	Bueno

Se puede notar que a pesar de encontrarse todas las rutas analizadas en estado “Bueno”, los valores de IRI son menores en la vía Riobamba-Penipe, lo que significa que es una vía con mejor serviciabilidad.

4.1.2 Resultados encuestas.

Se realizó la técnica de reencuesta por lo que se obtuvieron los resultados de las encuestas realizadas en 2 tiempos con al menos 2 semanas de diferencia, en una primera instancia a los propietarios de los vehículos y en segunda a los conductores de las unidades de transporte, que pueden o no ser los propietarios.

Para el caso de la cooperativa Andina existen 12 socios de los cuales la mitad de las unidades, coincidiendo con aquellas más nuevas, realizan viajes ocasionales a Quito, y el caso de la cooperativa 20 de Diciembre, de los 13 socios, 3 cubren rutas a Quito, Guayaquil, por lo que se realizaron las encuestas a aquellas unidades que únicamente cubren rutas de Riobamba-Guano y retorno, se han filtrado y desechado aquellas encuestas que presentan valores incoherentes o cuyos encuestados no pudieron responder por desconocimiento.

En la ruta Riobamba-Penipe existen varias cooperativas que transitan por esta vía, sin embargo todas tienen puntos de partida o llegada diferentes, es por tal motivo que se consideró únicamente la Cooperativa de Transporte Penipe, que a pesar de constar con 5 socios, en el primer tiempo de encuesta solo se pudo contactar con 3, explicando que uno de los socios no contaba con vehículo operativo y el restante se encontraba fuera de operación por problemas mecánicos que no habían logrado resolverse debido a la carencia de repuestos.

Tabla 12.

Resúmen de unidades encuestadas válidas por cooperativa.

Cooperativa	Unidades
Andina	6
20 de Diciembre	9
Penipe	3

Como resultado de las encuestas de obtuvieron los siguientes resultados para las rutas Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe respectivamente.

Figura 8.

Mediana de costos por elemento de recambio ruta Riobamba-Guano.

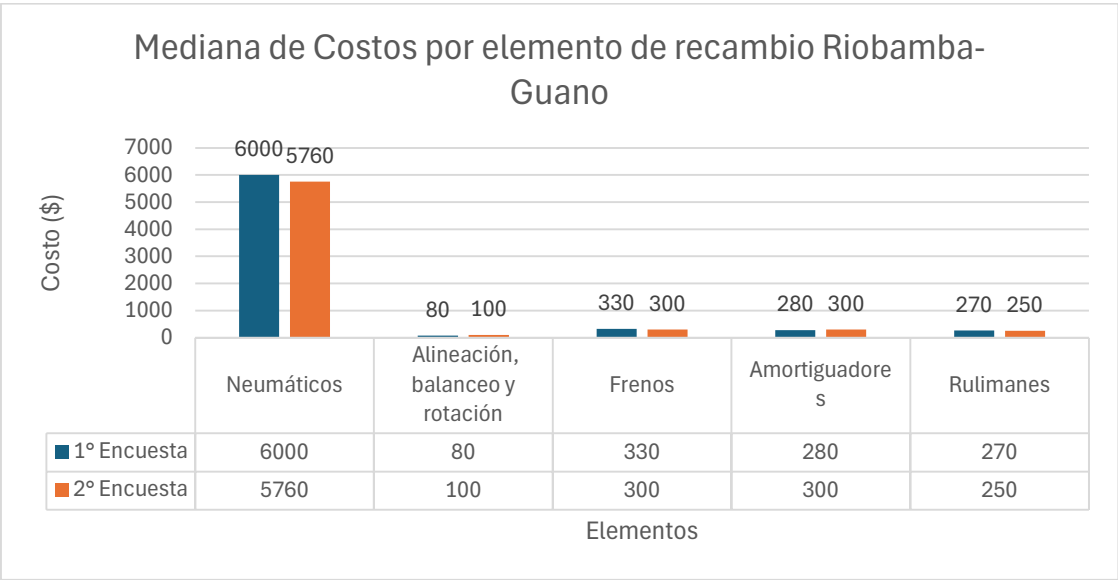
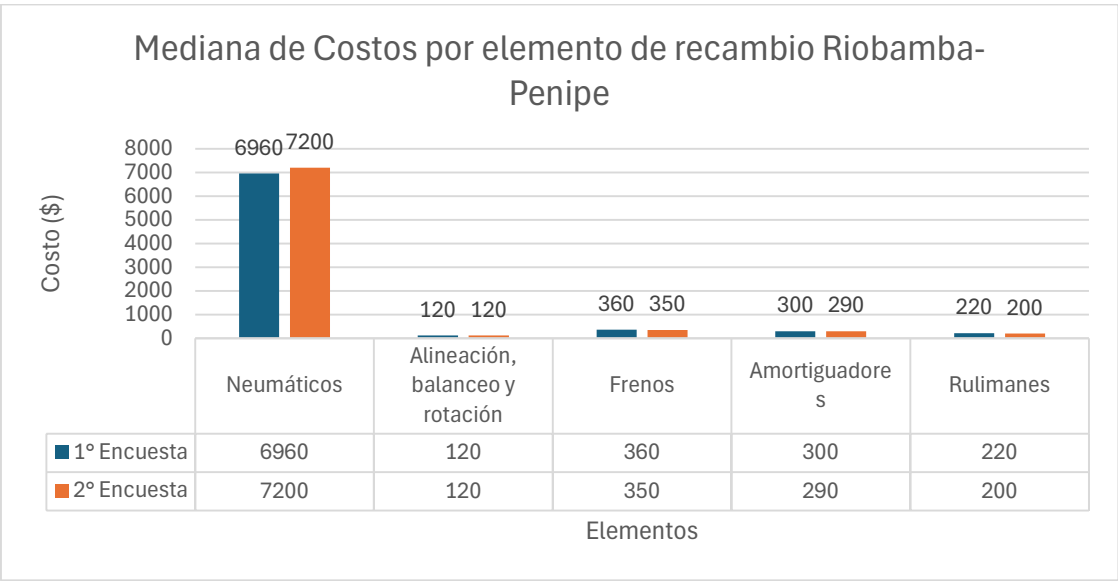


Figura 9.

Mediana de costos por elemento de recambio ruta Riobamba-Penipe.



Para validar las encuestas se aplicó la técnica de reencuesta y dado que hay el mismo número de respuestas en dos tiempos distintos, es posible aplicar procesos estadísticos que indiquen su correlación, para lo que es necesario determinar su normalidad. En este caso se empleó la técnica de Shapiro-Wilk. Para la Ruta Riobamba-Guano se presentan los siguientes resultados.

Tabla 13.

p-Value y Validación de Normalidad 1° Encuesta Riobamba-Guano.

1° Encuesta Riobamba-Guano		
RUBRO	p-Value	Validación
CA Neumáticos	-0,34941923	No Normal
CA Alin, Bal y Rot	0,50057061	Normal
CA Frenos	0,1027692	Normal
CA Amortiguadores	0,10265104	Normal
CA Rulimanes	0,50116934	Normal

Tabla 14.

p-Value y Validación de Normalidad 2° Encuesta Riobamba-Guano.

2° Encuesta Riobamba-Guano		
RUBRO	p-Value	Validación
CA Neumáticos	-0,12959932	No Normal
CA Alin, Bal y Rot	0,10385013	Normal
CA Frenos	0,1027692	Normal
CA Amortiguadores	0,10099737	Normal
CA Rulimanes	0,50036543	Normal

Tras la validación se obtuvo que el Costo Anual asociado a neumáticos presenta una distribución “No Normal” esto asociado a la disparidad en frecuencia de cambios de neumáticos por lo que se normalizaron los datos y posteriormente se determinó el coeficiente de correlación de Pearson.

Se analiza también la normalidad en la ruta Riobamba-Penipe.

Tabla 15.

p-Value y Validación de Normalidad 1° Encuesta Riobamba-Penipe.

1° Encuesta Riobamba-Penipe		
RUBRO	p-Value	Validación
CA Neumaticos	0,50271276	Normal
CA Alin, Bal y Rot	0,00909568	No Normal
CA Frenos	0,15697517	Normal
CA Amortiguadores	0,00909568	No Normal
CA Rulimanes	0,11834972	Normal

Tabla 16.

p-Value y Validación de Normalidad 2° Encuesta Riobamba-Penipe.

1° Encuesta Riobamba-Penipe		
RUBRO	p-Value	Validación
CA Neumaticos	0,00909568	No Normal
CA Alin, Bal y Rot	0,00909568	No Normal
CA Frenos	0,13482919	Normal
CA Amortiguadores	0,14413201	Normal
CA Rulimanes	0,08341889	Normal

Se presentan distribuciones “No Normal” en los costos asociados a neumáticos; alineación, balanceo y rotación; amortiguadores. Estos resultados pueden deberse a la muestra reducida, haciendo que una pequeña variación resulte muy significativa. Dado este supuesto se analiza el coeficiente de correlación de Pearson tras haber normalizado los datos.

Tabla 17.

Mediana, Desviación estándar y Coeficiente de correlación de Pearson de las encuestas ruta Riobamba-Guano.

Mediana	Desv. Estándar	Pearson
----------------	-----------------------	----------------

Neumáticos	1° Encuesta	6000	1307,564803	0,82320831
	2° Encuesta	5760	1277,832987	
Alineación, balanceo y rotación	1° Encuesta	80	39,57211621	0,811624325
	2° Encuesta	100	46,92192096	
Frenos	1° Encuesta	330	74,71055258	0,901093672
	2° Encuesta	300	64,7853599	
Amortiguadores	1° Encuesta	280	154,0500846	0,9476518
	2° Encuesta	300	164,6930767	
Rulimanes	1° Encuesta	270	116,2663199	0,885457148
	2° Encuesta	250	106,2420865	

Tabla 18.

Mediana, Desviación estándar y Coeficiente de correlación de Pearson de las encuestas ruta Riobamba-Penipe.

		Mediana	Desv. Estándar	Pearson
Neumáticos	1° Encuesta	6960	301,993377	0,91766294
	2° Encuesta	7200	346,410162	
Alineación, balanceo y rotación	1° Encuesta	120	11,5470054	1
	2° Encuesta	120	5,77350269	
Frenos	1° Encuesta	360	41,63332	0,99627096
	2° Encuesta	350	32,1455025	
Amortiguadores	1° Encuesta	300	23,0940108	0,98198051
	2° Encuesta	290	26,4575131	
Rulimanes	1° Encuesta	220	24,6644143	0,99484975
	2° Encuesta	200	17,3205081	

En todos los casos se obtuvo coeficientes de correlación de Pearson superiores a 0,80 lo que nos indica correlación fuerte, de este modo las encuestas son válidas.

A continuación se presentarán los resultados obtenidos del valor de costos de mantenimiento y la moda de frecuencias a partir de las encuestas realizadas a las unidades de las cooperativas Andina y 20 de Diciembre.

Tabla 19.

Costos de mantenimiento anual de componentes de mayor recambio vía Riobamba-Guano.

Rubros para los cambios	Costo repuesto	Número de cambios al año	Intervalo de cambio (km)	Costo total por cambio al año
Neumáticos	\$2 410,00	2	25915,00	\$4 820,00
Alineación, balanceo y rotación	\$57,83	2	25915,00	\$115,67
Frenos delanteros y posteriores	\$144,17	2	25915,00	\$288,33
Amortiguadores	\$229,17	1	51830,00	\$229,17
Rulimanes de manzana	\$131,83	1	4146400,00	\$131,83
Total				\$5 585,67

Se incluye de igual forma los costos asociados al mantenimiento en componentes de mayor recambio reportados por los encuestados de la Cooperativa de Transporte Penipe.

Tabla 20.

Costos de mantenimiento anual de componentes de mayor recambio vía Riobamba-Penipe.

Rubros para los cambios	Costo repuesto	Número de cambios al año	Intervalo de cambio (km)	Costo total por cambio al año
Neumáticos	\$2 560,00	2	54750,00	\$5 120,00
Alineación, balanceo y rotación	\$180,00	2	54750,00	\$360,00

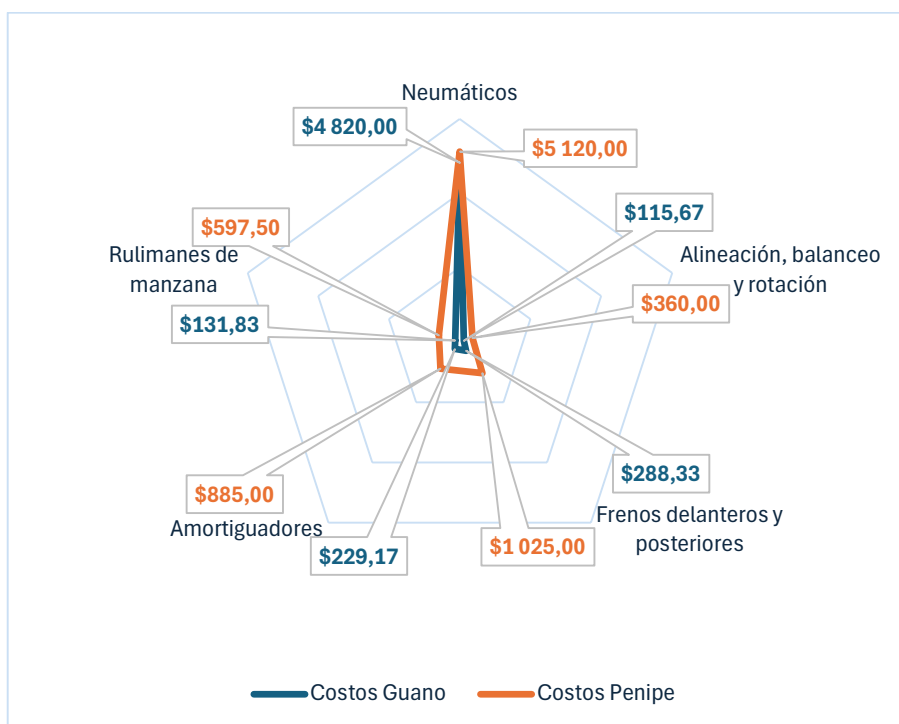
Frenos delanteros y posteriores	\$512,50	2	54750,00	\$1 025,00
Amortiguadores	\$885,00	1	109500,00	\$885,00
Rulimanes de manzana	\$597,50	1	109500,00	\$597,50
Total				\$7 987,50

Los costos de cambios de repuestos al año son datos promedio en el caso de distribuciones normales y mediana en distribuciones no normales, obtenidos de las encuestas, el número de cambios al año corresponde con la moda en cada uno de los casos, estos sirven a su vez para calcular el costo total de cambios que al sumarse se tiene el costo total anual por mantenimiento de los componentes de mayor recambio.

En el siguiente gráfico se visualiza la comparación de costos entre las rutas Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe mediante un diagrama radial.

Figura 10.

Diagrama radial comparativo de costos de mantenimiento entre rutas.

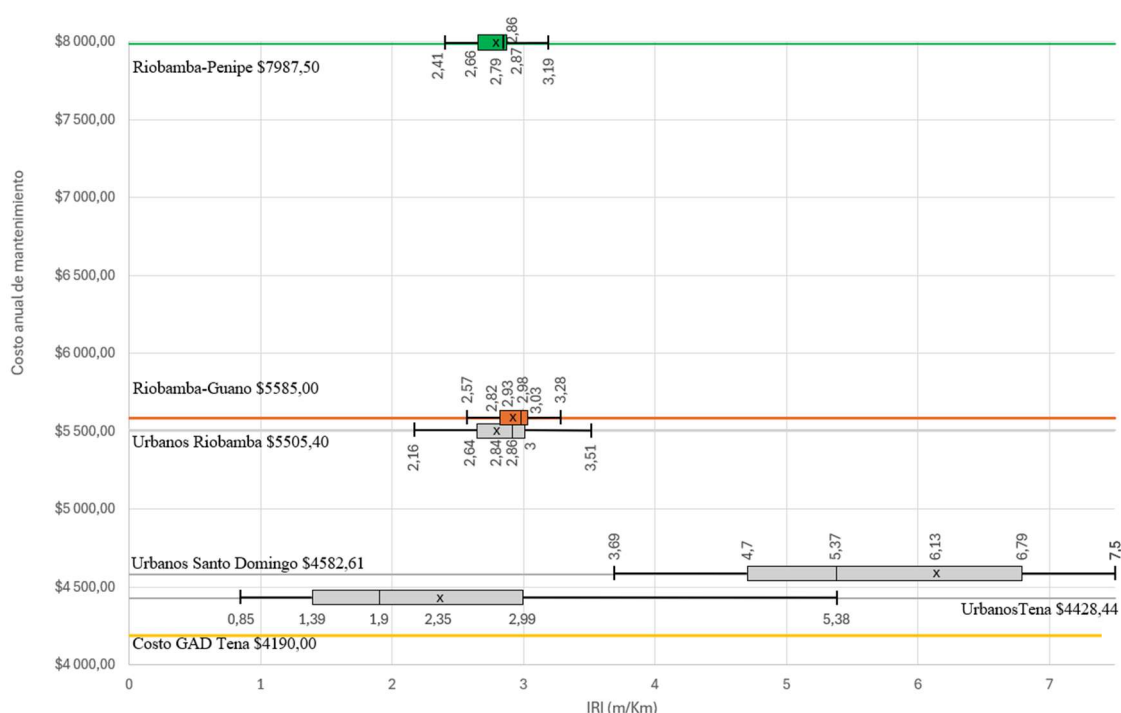


En el gráfico se nota que los costos en la ruta Riobamba-Penipe son más elevados en comparación a la ruta Riobamba-Guano, sin embargo, tienen una disposición muy similar.

Por último, se sitúa los diagramas de cajas y bigotes de IRI en horizontal en una escala de costos de mantenimiento anual, además se incluyen los valores obtenidos por Balarezo (2025), Vaca & Guamán (2023) y Álvarez & Vallejo (2025).

Figura 11.

Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs. Costo anual de mantenimiento.



En base al gráfico se puede identificar que los costos de mantenimiento de buses son más elevados en las rutas Riobamba-Guano y Riobamba-Penipe en comparación con los buses urbanos de las ciudades de Tena, Santo Domingo y Riobamba. A pesar de tener valor de IRI que indican un estado de regularidad “Bueno” estos costos son significativamente más altos, en mayor medida debido a la frecuencia y costo de los neumáticos. Ha de indicarse además que el ámbito de transporte de las unidades del presente estudio corresponde al transporte intraprovincial (intercantonal) mientras que la documentación obtenida corresponde a ámbitos de transporte urbano.

Particularmente la ruta Riobamba-Penipe presentó valores de IRI más bajos, sugiriendo una mejor regularidad y serviciabilidad, aunque a pesar de eso los costos de mantenimiento se reportaron más elevados.

Gracias al uso de la aplicación Physics Toolbox Suite, los datos recolectados permitieron obtener valores de IRI por cada tramo de 400 metros, que resultaron en un IRI Representativo de 2,98 m/Km en el caso de la vía Riobamba-Guano y para la vía Riobamba-Penipe un valor de 2,79 m/Km.

En referencia a los costos de mantenimiento anual asociados al cambio, reparación de neumáticos, frenos, amortiguadores, rulimanes y acciones como alineación, balanceo, rotación; los buses que operan en la vía Riobamba-Penipe reportan costos por \$7987,50 valor mucho más alto en comparación con los \$5585,00 que reportaron los encuestados que operan en la vía Riobamba-Guano, a pesar de tener un valor de IRI más bajo. Estos valores se obtuvieron y validaron con la técnica de encuesta a través de cuestionarios estructurados, obteniendo coeficientes de correlación de Pearson superiores a 0,80 indicando correlaciones fuertes entre sí e indicando consistencia en las respuestas.

Estos costos de mantenimiento pueden parecer muy dispares a simple vista, desde otro enfoque y considerando el recorrido anual estimado de cada unidad de transporte obtenemos los siguientes costos por km recorrido.

Tabla 21.

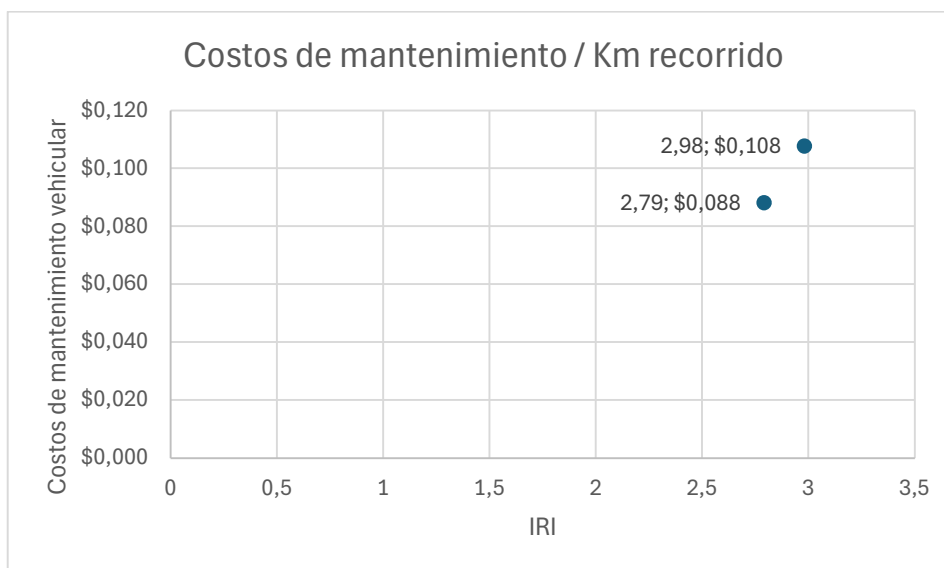
Costo de mantenimiento vehicular por kilómetro recorrido.

	Guano	Penipe
Km / Año	51830	90520
Costo / km	\$0,108	\$0,088
IRI	2,98	2,79

Se evidencia un valor similar de costo asociado al mantenimiento en función de los kilómetros recorridos.

Figura 12.

Costos de mantenimiento vehicular de buses por kilómetro recorrido vs IRI.



El gráfico nos permite visualizar la relación entre Costos de mantenimiento vehicular por kilómetro recorrido vs IRI, dado que por el momento se obtuvieron dos pares de datos no podemos analizar de forma estadística la relación entre ambos.

4.2 Discusión.

Los resultados muestran que a pesar de mantener valores bajos de IRI correspondientes con estados de vía “Buenos” los costos de mantenimiento pueden tener diferencias significativas, lo que puede indicar que existen otros factores a considerar entre los que a criterio personal se incluyen distancias totales recorridas, topografía y pendientes, tráfico y condiciones de carga. El estudio a su vez nos permite identificar que el mayor porcentaje de costos asociados al mantenimiento corresponde con el cambio de neumáticos en lo que influye en gran medida el estado vial y longitud de recorrido.

Existe una variación de \$0,020 entre los costos asociados al mantenimiento por cada una de las rutas, siendo mayor en la ruta Riobamba-Guano cuyo IRI es mayor indicando un estado vial más deteriorado. Es además evidente la diferencia entre los ámbitos de servicio “Urbano” e “Intercantonal” entendiéndose un estilo de conducción, condiciones viales y comportamientos distintos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Tanto la vía Riobamba-Guano como Riobamba-Penipe presentan un estado vial “Bueno” según la clasificación considerada en el presente estudio, indica un buen nivel de regularidad superficial. Presentan variaciones en los tramos entre regular y muy bueno descritos en la sección de resultados lo que indican secciones que pueden considerarse para tomar acciones correctivas puntuales.

Los costos asociados al mantenimiento anual corresponden a \$7987,50 en las unidades de transporte que cubren la ruta la vía Riobamba-Penipe y \$5585,00 en aquellas que cubren Riobamba-Guano. Ha de considerarse que el costo de neumáticos es un factor crítico el costo final.

A pesar de tener valores de IRI muy cercanos entre sí en ambas vías estudiadas los costos obtenidos son muy diferentes analizándose por costos totales, sin embargo, al trasladar el análisis a costos por cada kilómetro recorrido podemos notar valores muy cercanos por lo que se pueden relacionar efectivamente el IRI y los costos de mantenimiento anual.

El valor de IRI y los costos de mantenimiento vehicular de buses tienen relación entre sí, de modo que el indicador IRI puede servir para identificar cómo las condiciones de regularidad y deterioro vial impactan en los costos operativos de los vehículos de transporte público sin embargo no puede usarse exclusivamente, necesita ser complementado para predecir desgaste y tomar acciones de rehabilitación vial oportunas.

5.2 Recomendaciones

Ampliar la investigación en la misma línea, para obtener resultados de IRI y costos de mantenimiento anual en localidades cercanas para obtener patrones de correlación y compararlos con estudios similares.

Diferenciar los ámbitos de servicio urbano e intercantonal, dadas sus diferencias de modo que su análisis no pueda verse sesgado ni obtener costos que no se adapten efectivamente a ninguno de los casos.

Evaluar otros indicadores de caracterización de condición vial como el Índice de Condición de Pavimentos, PCI por sus siglas en inglés. Complementar los resultados e implementar acciones de mantenimiento sean puntuales o generales para restaurar un buen estado de la superficie, a fin de mejorar la seguridad, serviciabilidad, transitabilidad y confort vial.

Repetir las recolecciones de datos a lo largo del tiempo y en más lugares para construir un compendio de datos asociados a IRI y costos de mantenimiento anual de modo que permitan su fácil manipulación y conduzcan a la creación de planes de mantenimiento vial por parte de las entidades encargadas.

Evaluar instrumentos de recolección de datos que no representen mayor esfuerzo económico sin perder precisión, de forma que puedan ser implementados en organismos con limitados recursos económicos, técnicos y humanos ampliando así el espectro de entidades capaces de identificar estados viales.

Revisar y corregir de ser el caso la normativa vigente asociada a la obtención de costos de mantenimiento y tarifas de servicios de forma que no se comprometa la economía de quienes prestan el servicio de transporte y a su vez se pueda tomar acciones de mejora de calidad y seguridad. Se debe analizar los costos independientemente por localidad dada la variabilidad de resultados obtenidos hasta el momento y en asociarlas efectivamente con fundamentos técnicos que se ajusten a su realidad individual.

BIBLIOGRAFÍA

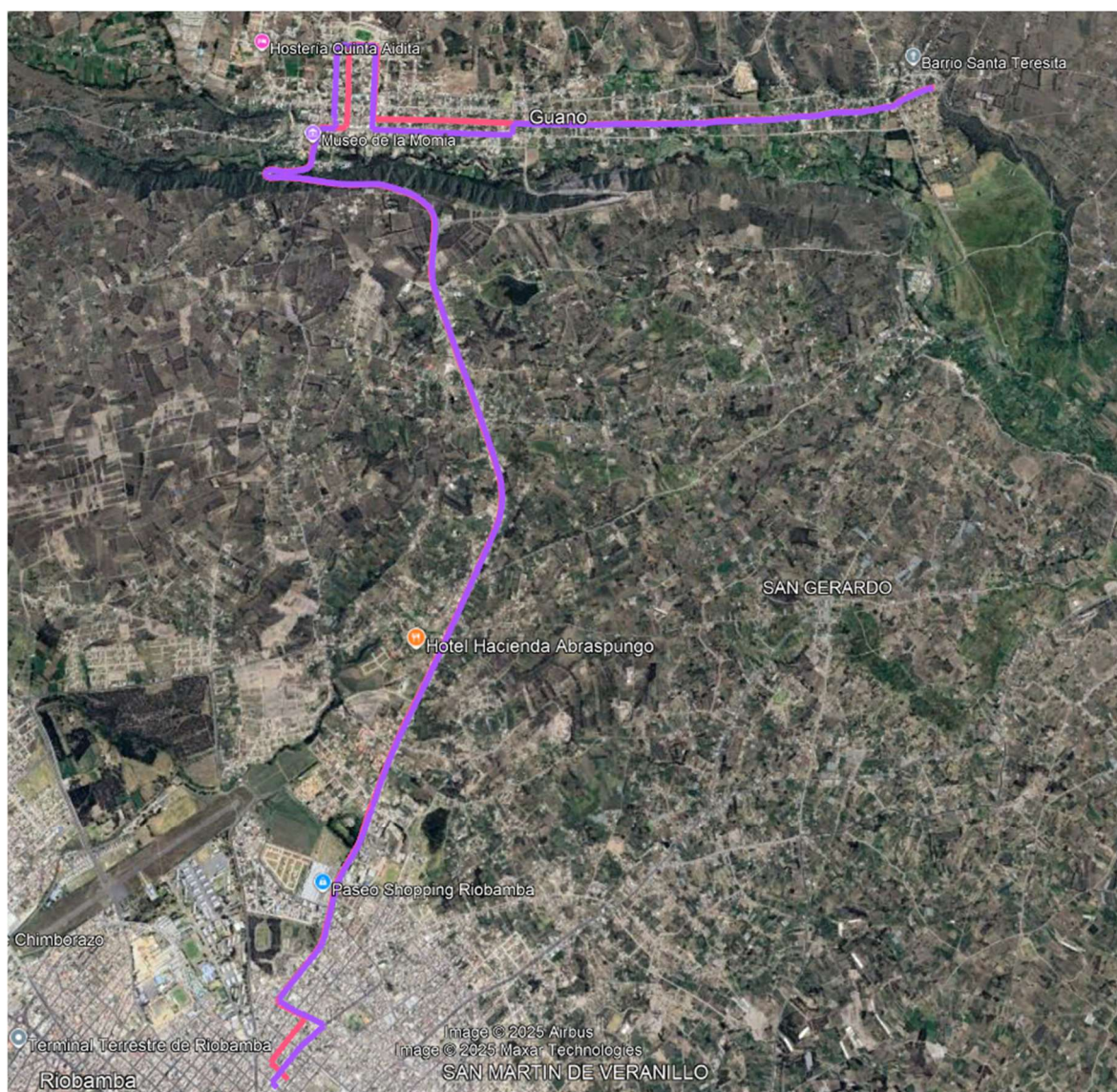
- Agencia Nacional de Tránsito. (2021). *Metodología para la definición de la tarifa de transporte público Intracantonal Urbano en Ecuador*.
- Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. (2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*.
- Almenara, C. (2015). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA*.
- Alvarez, D., & Vallejo, E. (2025). *Impacto de las condiciones viales en los costos de mantenimiento de los buses urbanos en el cantón Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Arroyo, A., & Aguerrebere, R. (2002). *ESTADO SUPERFICIAL Y COSTOS DE OPERACIÓN EN CARRETERAS*.
- Badilla Vargas, G. (2009). Infraestructura Vial. *Infraestructura Vial*, 11, 30-37.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478276560005>
- Balarezo, J. (2025). *Estado funcional de las vías y el costo de mantenimiento vehicular en Santo Domingo*. [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14624>
- Cabezas, V. (2024). *MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA RED RURAL DEL CANTÓN GUANO* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14008/1/Cabezas%20C.%2C%20V%2C%20ADctor%20%282024%29.%20Modelo%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20conservaci%C3%B3n%20vial%20para%20pavimentos%20flexibles%20de%20la%20red%20rural%20del%20Cant%C3%B3n%20Guano..pdf>
- Carrasco, L. (2018). *Análisis de los modelos de ahorro de costes de los usuarios debidos a la gestión de la conservación y mantenimiento del firme en las redes de carreteras* [Universidad Politécnica de Madrid].
https://oa.upm.es/52737/1/TFM_LUIS_EMILIO_CARRASCO_DIAZ.pdf
- Cerquera, F. (2007). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL*.

- <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/693b5757-14a5-4c12-a585-e0b4a23ff5bc/content>
- Fiorentini, N., Maboudi, M., Leandri, P., & Losa, M. (2021). Can Machine Learning and PS-InSAR Reliably Stand in for Road Profilometric Surveys? *Sensors*, 21(10), 3377. <https://doi.org/10.3390/s21103377>
- Gillespie, T. (2001). Everything You Always Wanted to Know about the IRI, But Were Afraid to Ask! *Proc. Road Profile Users Group Meeting*.
- Gómez, J., Serna, C., & Arango, M. (2016). MODELO DE EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE CORREDORES LOGÍSTICOS EN COLOMBIA. *Revista EIA*, 135-145. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n25/n25a10.pdf>
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*. <https://webapps.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/mcrmantec.pdf>
- Qiao, J. Y., Chen, S., Alinizzi, M., Alamaniotis, M., & Labi, S. (2021). *Estimating IRI based on pavement distress type, density, and severity: Insights from machine learning techniques*.
- Rodríguez, R. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9bb65da-7570-4262-b9c3-08fd2661563c/content>
- Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 354-360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>
- Sayers, M., Gillespie, T., & Paterson, W. (1986). *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements*. (46). <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/3133/72764.pdf?sequence=2>.

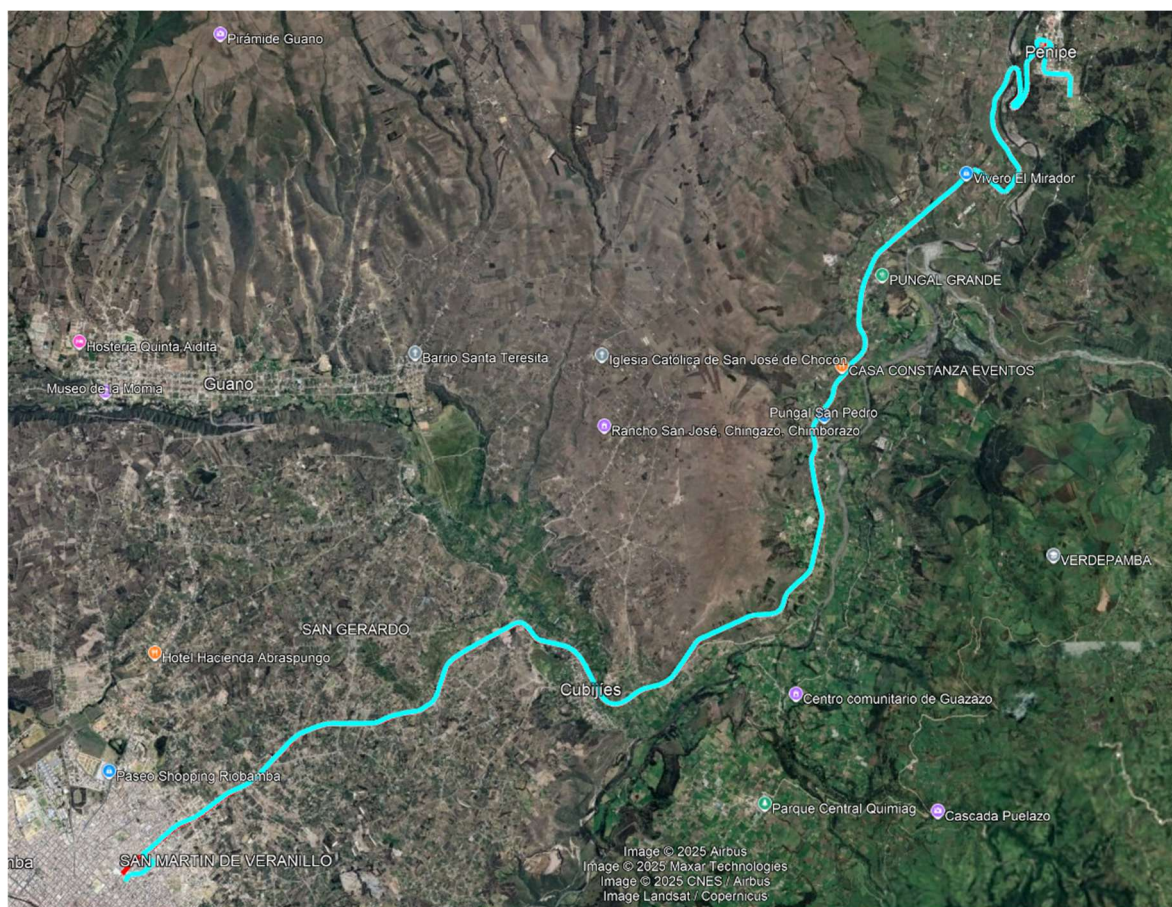
- Tejada, J. (2002). El Transporte Colectivo Urbano: Aplicación del Enfoque de Sistemas para un mejor Servicio. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 12(34).
- Vaca, C., & Guamán, M. (2023). *Incidencia del estado de la vía en el costo de mantenimiento de los buses urbanos del cantón Tena*.
- Woodstrom, J. (1990). Measurements, Specifications, and Achievement of Smoothness for Pavement Construction. *National Cooperative Highway Research Program: Transportation Research Board*.

ANEXOS

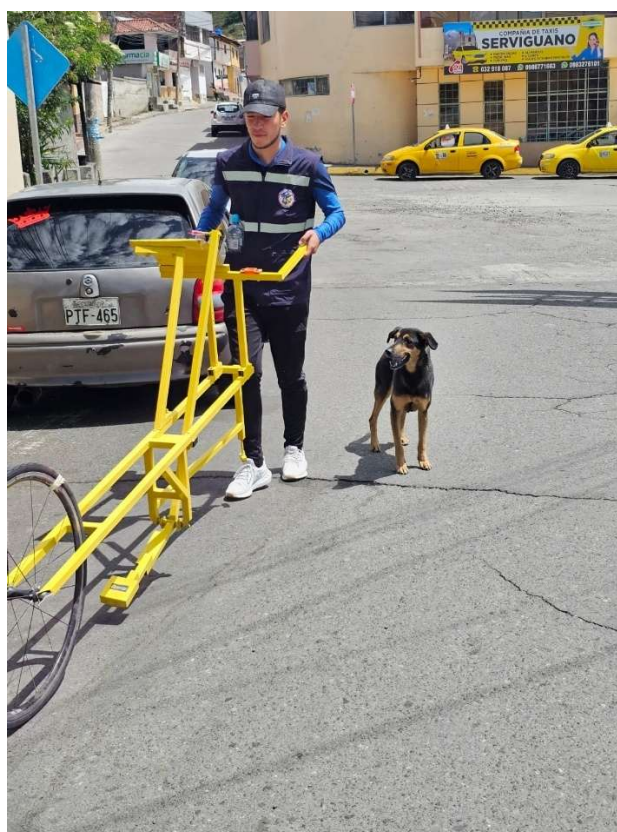
Anexo 1. Mapa del recorrido de los buses en la ruta Riobamba-Guano-Riobamba.



Anexo 2. Mapa del recorrido de los buses en la ruta Riobamba-Penipe-Riobamba.



Anexo 3. Evidencia fotográfica de levantamiento de datos con rugosímetro de Merlín.



Anexo 4. Evaluación de situación de IRI por tramo ruta Riobamba-Guano.

Riobamba-Guano			
Tramo	Tramo	IRI calculado (m/km)	Situación
1	0-0,4	3,06	Bueno
2	0,4-0,8	2,98	Bueno
3	0,8-1,2	3,01	Bueno
4	1,2-1,6	2,83	Bueno
5	1,6-2	2,99	Bueno
6	2-2,4	2,83	Bueno
7	2,4-2,8	2,88	Bueno
8	2,8-3,2	2,82	Bueno
9	3,2-3,6	2,80	Bueno
10	3,6-4	2,88	Bueno
11	4-4,4	3,00	Bueno
12	4,4-4,8	3,00	Bueno
13	4,8-5,2	3,04	Bueno
14	5,2-5,6	2,96	Bueno
15	5,6-6	3,02	Bueno
16	6-6,4	3,00	Bueno

17	6,4-6,8	#N/D	#N/D
18	6,8-7,2	3,11	Bueno
19	7,2-7,6	2,75	Bueno
20	7,6-8	3,03	Bueno
21	8-8,4	2,92	Bueno
22	8,4-8,8	3,09	Bueno
23	8,8-9,2	3,02	Bueno
24	9,2-9,6	3,05	Bueno
25	9,6-10	3,28	Bueno
26	10-10,4	2,81	Bueno
27	10,4-10,8	3,63	Regular
28	10,8-11,2	3,38	Bueno
29	11,2-11,6	3,22	Bueno
30	11,6-12	3,02	Bueno
31	12-12,4	2,98	Bueno
32	12,4-12,8	3,01	Bueno
33	12,8-13,2	2,83	Bueno
34	13,2-13,6	2,83	Bueno
35	13,6-14	2,94	Bueno
36	14-14,4	3,03	Bueno

Anexo 5. Evaluación de situación de IRI por tramo ruta Guano-Riobamba.

Riobamba-Guano			
Tramo	Km	IRI calculado (m/km)	Situación
1	0,0-0,4	3,16	Bueno
2	0,4-0,8	2,79	Bueno
3	0,8-1,2	2,80	Bueno
4	1,2-1,6	3,08	Bueno
5	1,6-2	3,04	Bueno
6	2-2,4	3,00	Bueno
7	2,4-2,8	2,80	Bueno
8	2,8-3,2	3,08	Bueno
9	3,2-3,6	2,92	Bueno
10	3,6-4	3,01	Bueno
11	4-4,4	3,06	Bueno
12	4,4-4,8	3,03	Bueno
13	4,8-5,2	2,81	Bueno
14	5,2-5,6	3,18	Bueno
15	5,6-6	3,01	Bueno
16	6-6,4	3,00	Bueno
17	6,4-6,8	2,82	Bueno
18	6,8-7,2	2,57	Bueno
19	7,2-7,6	2,90	Bueno
20	7,6-8	#N/D	#N/D
21	8-8,4	2,79	Bueno
22	8,4-8,8	2,98	Bueno
23	8,8-9,2	2,90	Bueno
24	9,2-9,6	2,45	Muy Bueno
25	9,6-10	2,44	Muy Bueno
26	10-10,4	2,45	Muy Bueno
27	10,4-10,8	3,10	Bueno
28	10,8-11,2	2,80	Bueno
29	11,2-11,6	2,86	Bueno
30	11,6-12	2,79	Bueno
31	12-12,4	2,91	Bueno
32	12,4-12,8	2,43	Muy Bueno
33	12,8-13,2	2,43	Muy Bueno
34	13,2-13,6	2,85	Bueno
35	13,6-14	3,09	Bueno

Anexo 6. Evaluación de situación de IRI por tramo ruta Riobamba-Penipe.

Riobamba-Guano			
Tramo	Km	IRI calculado (m/km)	Situación
1	0-0,4	2,83	Bueno
2	0,4-0,8	2,99	Bueno
3	0,8-1,2	2,42	Muy Bueno
4	1,2-1,6	2,42	Muy Bueno
5	1,6-2	2,44	Muy Bueno
6	2-2,4	2,97	Bueno
7	2,4-2,8	2,99	Bueno
8	2,8-3,2	2,83	Bueno
9	3,2-3,6	3,01	Bueno
10	3,6-4	2,81	Bueno
11	4-4,4	3,04	Bueno
12	4,4-4,8	3,10	Bueno
13	4,8-5,2	2,70	Bueno
14	5,2-5,6	3,02	Bueno
15	5,6-6	2,83	Bueno
16	6-6,4	2,56	Bueno
17	6,4-6,8	2,42	Muy Bueno
18	6,8-7,2	2,43	Muy Bueno
19	7,2-7,6	3,03	Bueno
20	7,6-8	2,44	Muy Bueno
21	8-8,4	2,91	Bueno
22	8,4-8,8	2,42	Muy Bueno
23	8,8-9,2	2,43	Muy Bueno
24	9,2-9,6	2,95	Bueno
25	9,6-10	3,17	Bueno
26	10-10,4	2,55	Bueno
27	10,4-10,8	2,86	Bueno
28	10,8-11,2	2,43	Muy Bueno
29	11,2-11,6	2,44	Muy Bueno
30	11,6-12	2,76	Bueno
31	12-12,4	2,45	Muy Bueno
32	12,4-12,8	2,43	Muy Bueno
33	12,8-13,2	2,66	Bueno
34	13,2-13,6	2,75	Bueno
35	13,6-14	2,75	Bueno
36	14-14,4	2,55	Bueno
37	14,4-14,8	2,86	Bueno
38	14,8-15,2	2,86	Bueno
39	15,2-15,6	2,87	Bueno

40	15,6-16	2,86	Bueno
41	16-16,4	2,65	Bueno
42	16,4-16,8	2,86	Bueno
43	16,8-17,2	2,87	Bueno
44	17,2-17,6	2,86	Bueno
45	17,6-18	2,86	Bueno
46	18-18,4	2,55	Bueno
47	18,4-18,8	2,54	Bueno
48	18,8-19,2	3,04	Bueno
49	19,2-19,6	2,99	Bueno
50	19,6-20	2,86	Bueno
51	20-20,4	2,44	Muy Bueno
52	20,4-20,8	2,45	Muy Bueno
53	20,8-21,2	2,86	Bueno
54	21,2-21,6	2,86	Bueno
55	21,6-22	2,87	Bueno
56	22-22,4	2,85	Bueno
57	22,4-22,8	2,45	Muy Bueno
58	22,8-23,2	2,94	Bueno
59	23,2-23,6	2,42	Muy Bueno
60	23,6-24	2,72	Bueno
61	24-24,4	3,38	Bueno
62	24,4-24,8	2,79	Bueno
63	24,8-25,2	3,00	Bueno

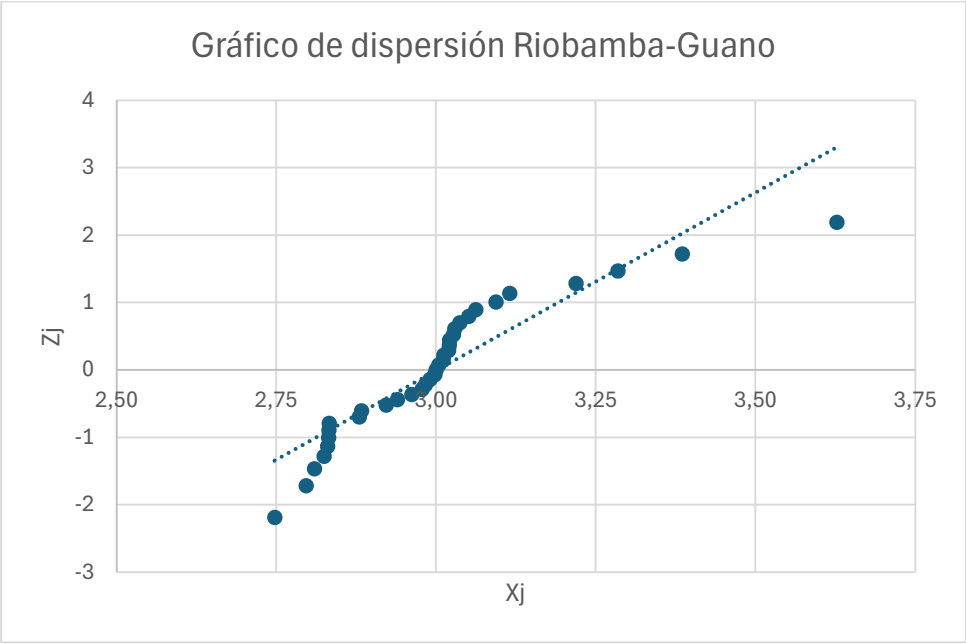
Anexo 7. Evaluación de situación de IRI por tramo ruta Penipe-Riobamba.

Riobamba-Guano			
Tramo	Km	IRI calculado (m/km)	Situación
1	0-0,4	2,80	Bueno
2	0,4-0,8	2,82	Bueno
3	0,8-1,2	2,86	Bueno
4	1,2-1,6	2,81	Bueno
5	1,6-2	3,06	Bueno
6	2-2,4	2,44	Muy Bueno
7	2,4-2,8	2,43	Muy Bueno
8	2,8-3,2	2,43	Muy Bueno
9	3,2-3,6	2,82	Bueno
10	3,6-4	2,65	Bueno
11	4-4,4	2,45	Muy Bueno
12	4,4-4,8	2,46	Muy Bueno

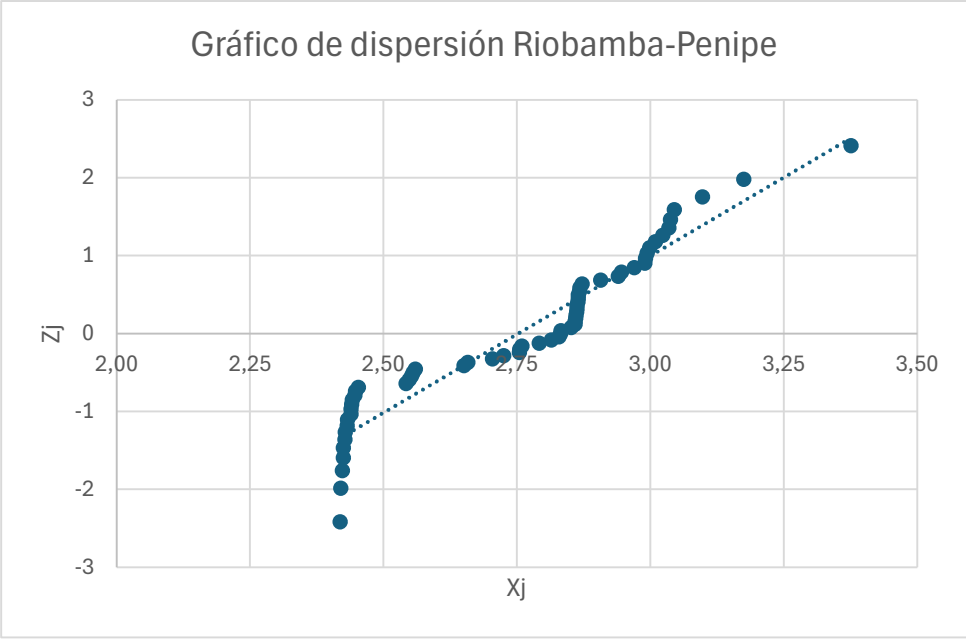
13	4,8-5,2	2,45	Muy Bueno
14	5,2-5,6	2,53	Bueno
15	5,6-6	2,86	Bueno
16	6-6,4	2,86	Bueno
17	6,4-6,8	2,87	Bueno
18	6,8-7,2	2,88	Bueno
19	7,2-7,6	2,88	Bueno
20	7,6-8	2,87	Bueno
21	8-8,4	2,87	Bueno
22	8,4-8,8	2,86	Bueno
23	8,8-9,2	2,86	Bueno
24	9,2-9,6	2,86	Bueno
25	9,6-10	2,86	Bueno
26	10-10,4	2,86	Bueno
27	10,4-10,8	2,86	Bueno
28	10,8-11,2	2,86	Bueno
29	11,2-11,6	2,86	Bueno
30	11,6-12	2,87	Bueno
31	12-12,4	2,61	Bueno
32	12,4-12,8	2,86	Bueno
33	12,8-13,2	2,86	Bueno
34	13,2-13,6	2,92	Bueno
35	13,6-14	2,87	Bueno
36	14-14,4	2,87	Bueno
37	14,4-14,8	2,76	Bueno
38	14,8-15,2	2,91	Bueno
39	15,2-15,6	2,83	Bueno
40	15,6-16	2,87	Bueno
41	16-16,4	2,81	Bueno
42	16,4-16,8	2,84	Bueno
43	16,8-17,2	2,87	Bueno
44	17,2-17,6	2,89	Bueno
45	17,6-18	2,86	Bueno
46	18-18,4	2,87	Bueno
47	18,4-18,8	2,86	Bueno
48	18,8-19,2	2,87	Bueno
49	19,2-19,6	2,87	Bueno
50	19,6-20	3,08	Bueno
51	20-20,4	2,93	Bueno
52	20,4-20,8	2,85	Bueno
53	20,8-21,2	3,07	Bueno
54	21,2-21,6	2,87	Bueno
55	21,6-22	2,87	Bueno

56	22-22,4	2,98	Bueno
57	22,4-22,8	2,95	Bueno
58	22,8-23,2	3,01	Bueno
59	23,2-23,6	2,86	Bueno
60	23,6-24	3,12	Bueno
61	24-24,4	2,86	Bueno
62	24,4-24,8	2,87	Bueno

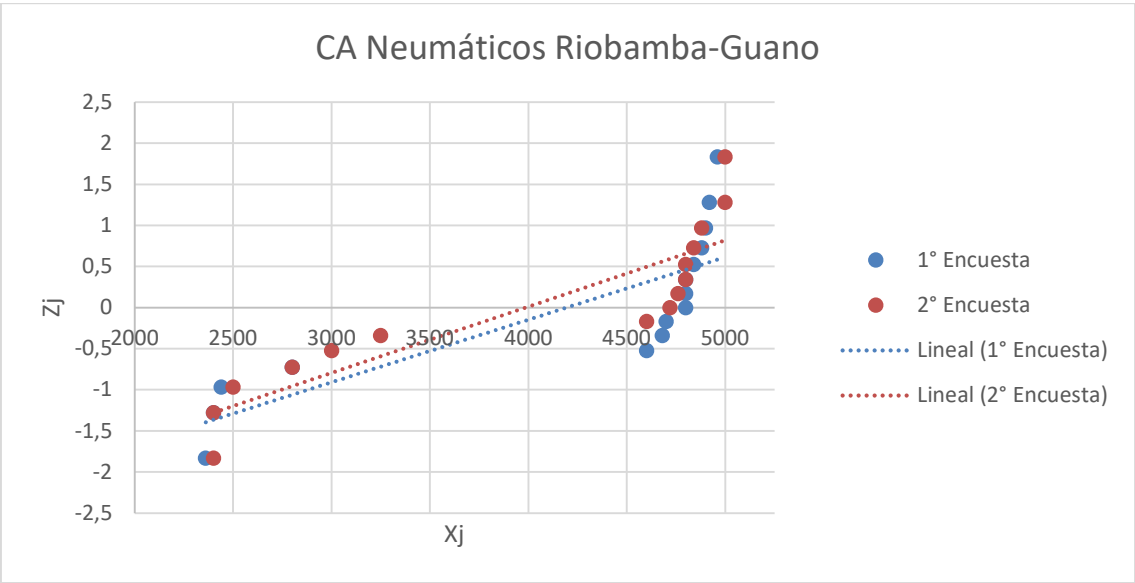
Anexo 8. Gráfico de Dispersión de IRI en la Ruta Riobamba-Guano.



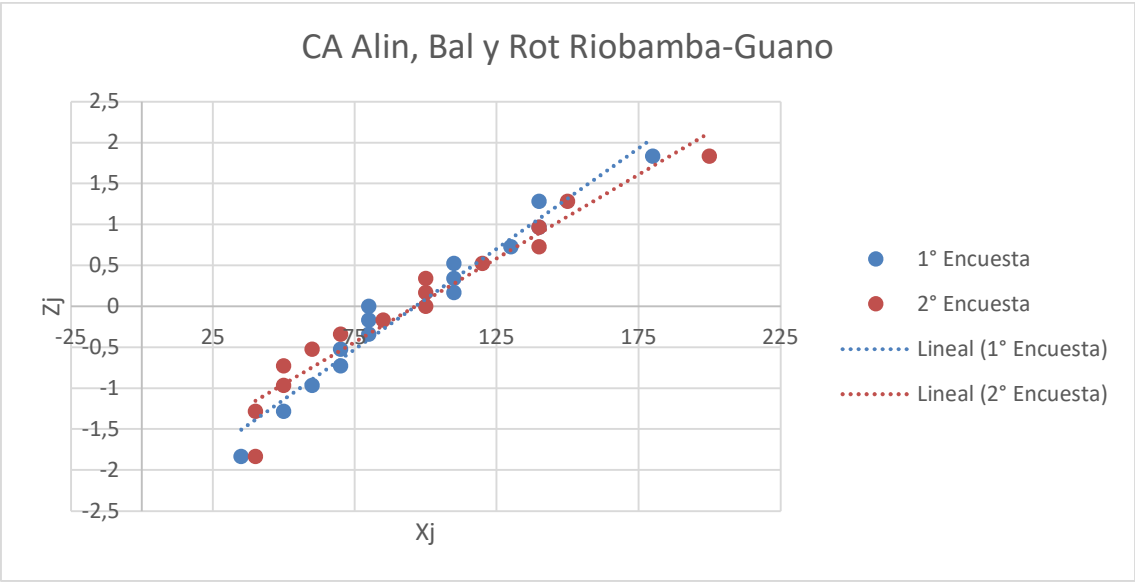
Anexo 9. Gráfico de Dispersión de IRI en la Ruta Riobamba-Penipe.



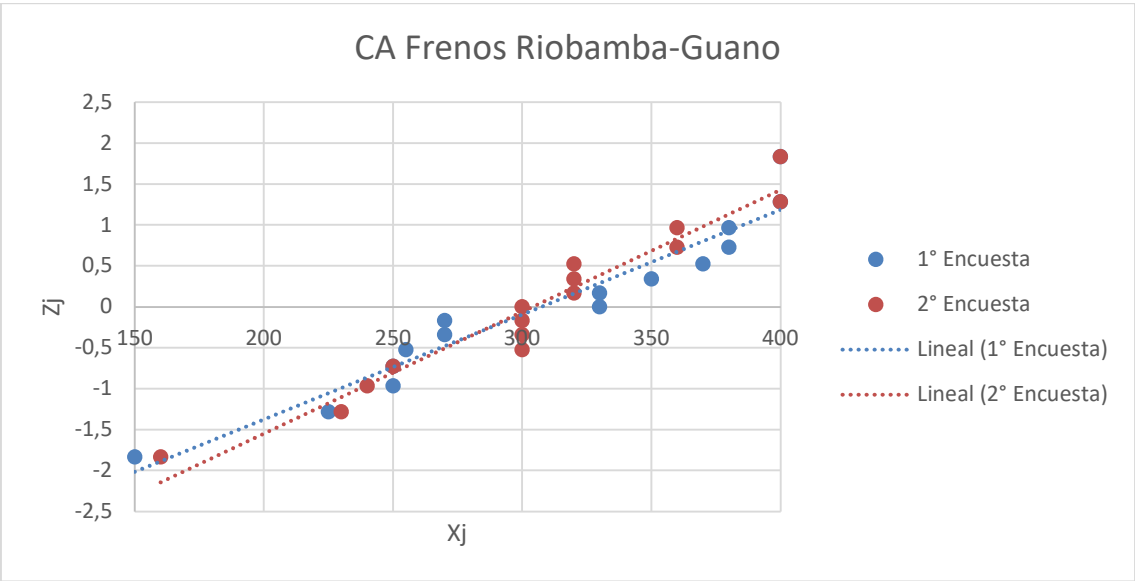
Anexo 10. Gráfico de dispersión CA Neumáticos Riobamba-Guano



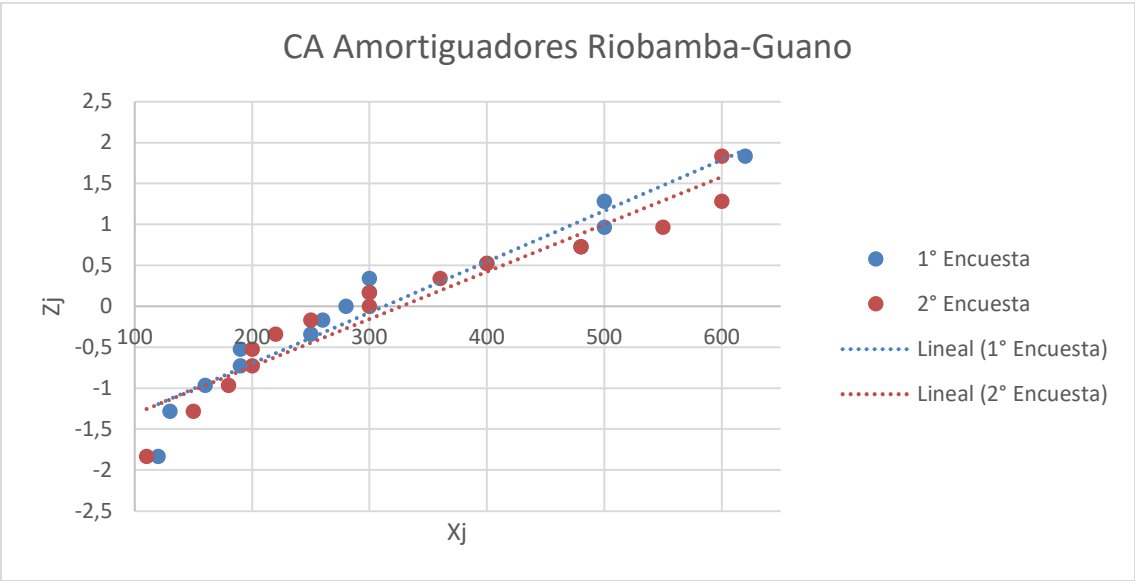
Anexo 11. Gráfico de dispersión CA Alin, Bal y Rot Riobamba-Guano.



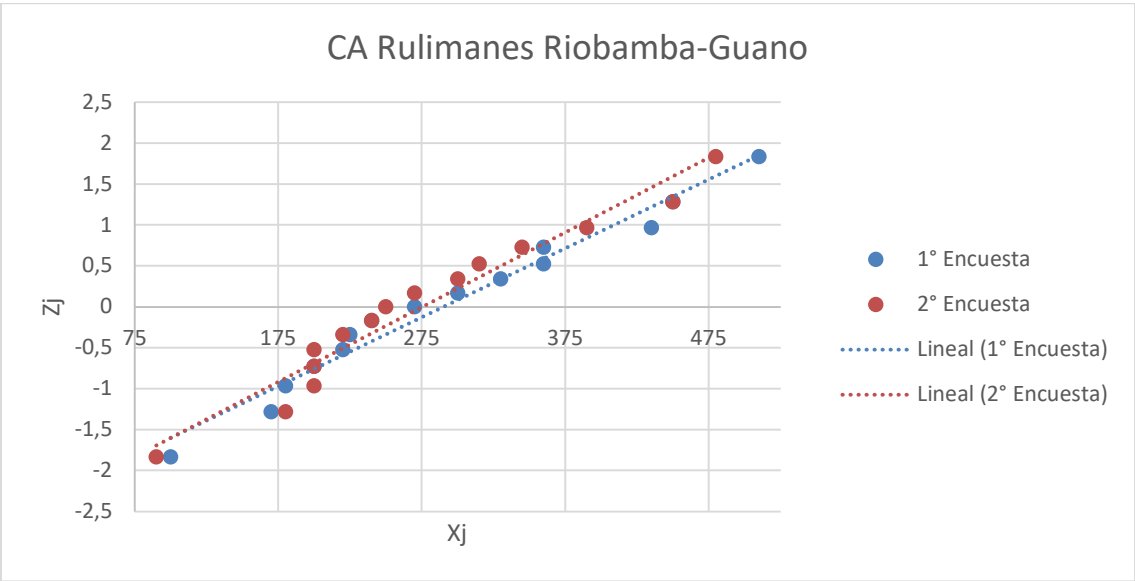
Anexo 12. Gráfico de dispersión CA Frenos Riobamba-Guano.



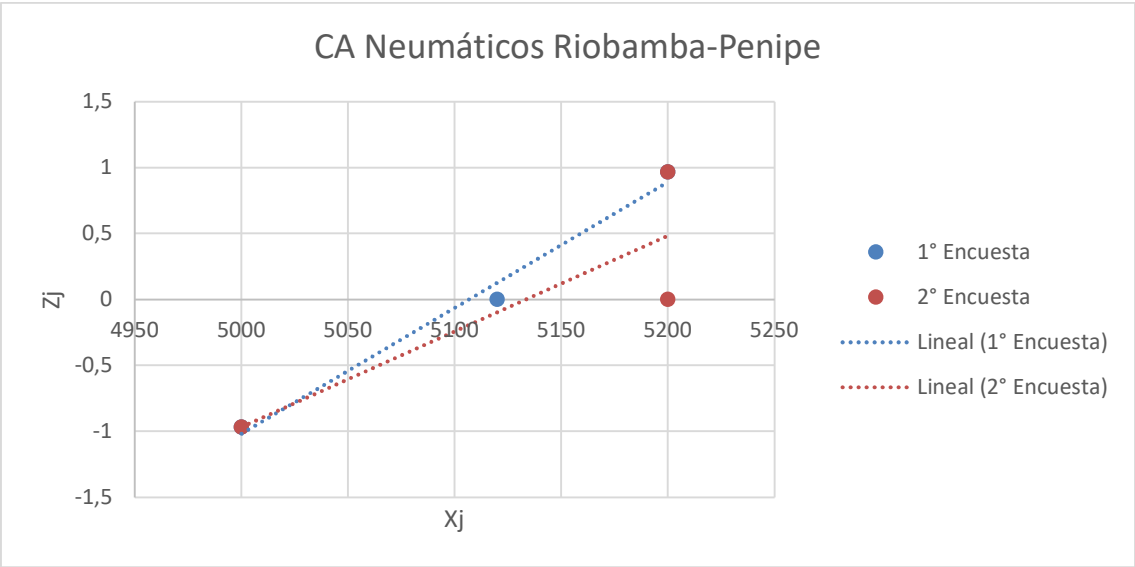
Anexo 13. Gráfico de dispersión CA Amortiguadores Riobamba-Guano.



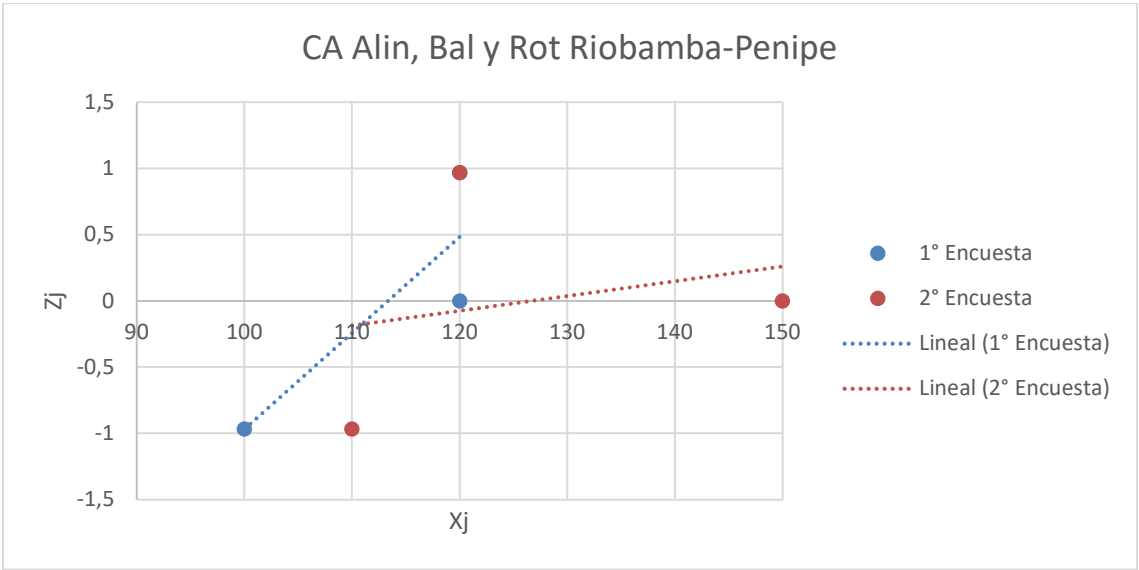
Anexo 14. Gráfico de dispersión CA Rulimanes Riobamba-Guano.



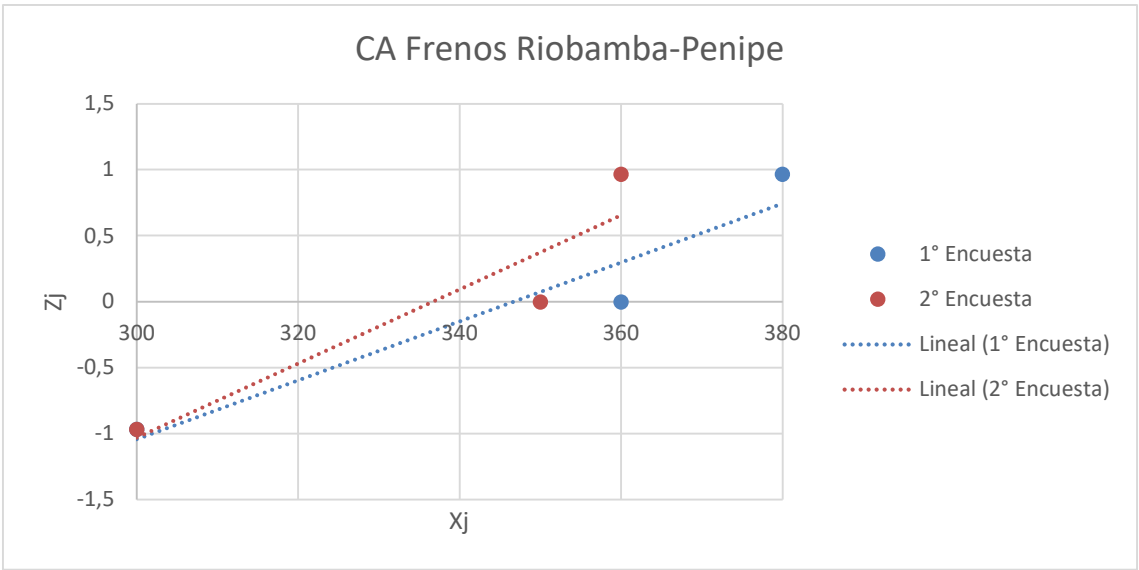
Anexo 15. Gráfico de dispersión CA Neumáticos Riobamba-Penipe.



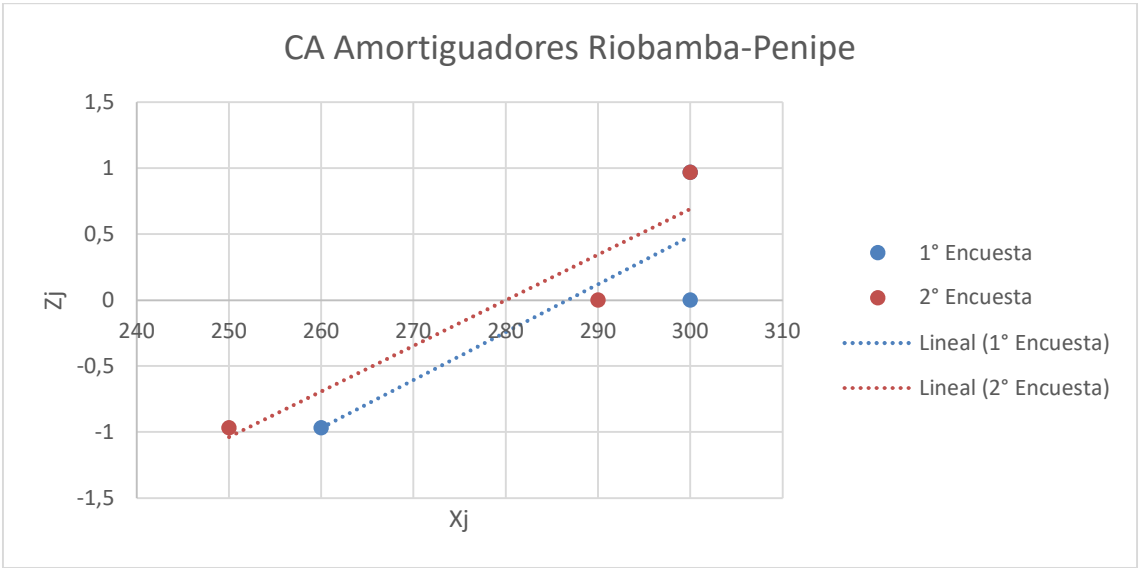
Anexo 16. Gráfico de dispersión CA Alin, Bal y Rot Riobamba-Penipe.



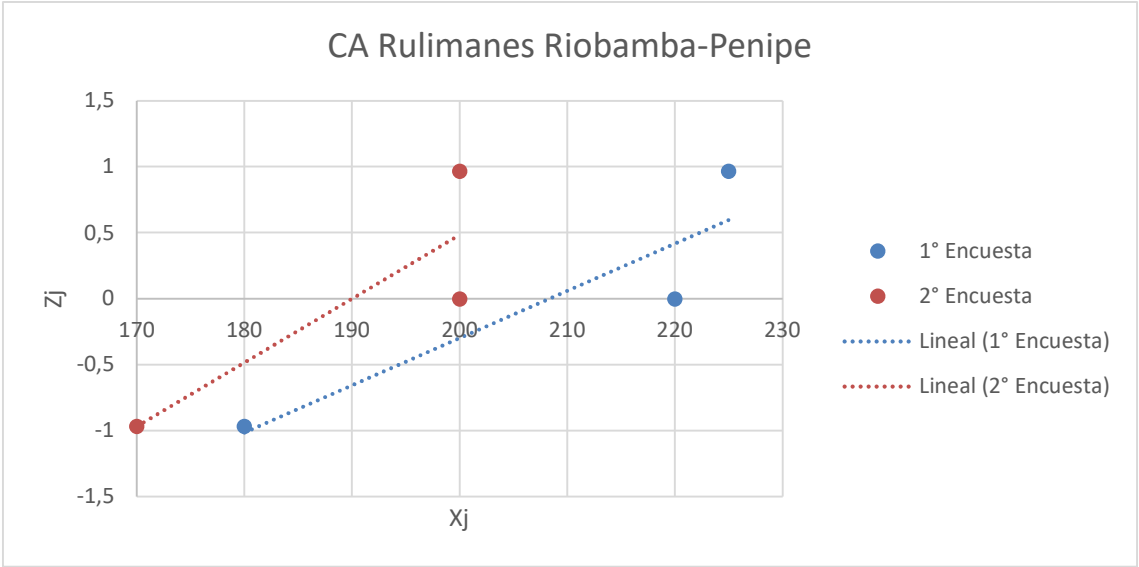
Anexo 17. Gráfico de dispersión CA Frenos Riobamba-Penipe.



Anexo 18. Gráfico de dispersión CA Amortiguadores Riobamba-Penipe.



Anexo 19. Gráfico de dispersión CA Rulimanes Riobamba-Penipe.



Anexo 20. Formato de encuesta aplicada a los propietarios y conductores ruta Riobamba-Guano.

Encuesta Nro. ____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

El siguiente documento de tipo encuesta pertenece al autor Villarroel, D. y ha sido adaptada al proyecto de investigación “Relación entre el estado de las vías Riobamba-Penipe, Riobamba-Guano y el costo de mantenimiento vehicular de buses”

Se solicita cordialmente que las preguntas sean respondidas en base a los valores reales o una aproximación cercana.

Placa de la unidad: _____

Modelo de la unidad: _____

1. ¿Cuál es el año de fabricación de la unidad de transporte?

2. ¿Su unidad cubre una ruta diferente a Riobamba-Guano? (Marque con una X)
SI _____ NO _____

3. ¿Cuántas veces circula la misma ruta por día?

4. ¿Con qué frecuencia cambia al año los elementos o repuestos mencionados?

Neumáticos

<input type="checkbox"/>	1 vez
<input type="checkbox"/>	2 veces
<input type="checkbox"/>	3 veces
<input type="checkbox"/>	4 veces
<input type="checkbox"/>	>4 veces

Alineación, balanceo y rotación

<input type="checkbox"/>	1 vez
<input type="checkbox"/>	2 veces
<input type="checkbox"/>	3 veces
<input type="checkbox"/>	4 veces
<input type="checkbox"/>	>4 veces

Frenos delanteros y posteriores

<input type="checkbox"/>	1 vez
<input type="checkbox"/>	2 veces
<input type="checkbox"/>	3 veces
<input type="checkbox"/>	4 veces
<input type="checkbox"/>	>4 veces

Amortiguadores

<input type="checkbox"/>	1 vez
<input type="checkbox"/>	2 veces
<input type="checkbox"/>	3 veces
<input type="checkbox"/>	4 veces
<input type="checkbox"/>	>4 veces

Rulimanes de manzanas

<input type="checkbox"/>	1 vez
<input type="checkbox"/>	2 veces
<input type="checkbox"/>	3 veces
<input type="checkbox"/>	4 veces
<input type="checkbox"/>	>4 veces

5. ¿Cuál es el costo en dólares que paga por los elementos o repuestos mencionados en cada cambio?

COSTO APROXIMADO POR CADA CAMBIO	
Neumáticos	
Alineación, balanceo y rotación	
Frenos delanteros y posteriores	
Amortiguadores	
Rulimanes de manzanas	

6. ¿Cuál es el costo ANUAL EXTRA que asume por otros tipos de mantenimiento?

Agradecemos su colaboración.

Anexo 8. Formato de encuesta aplicada a los propietarios y conductores ruta Riobamba-Penipe.

Encuesta Nro. ____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

El siguiente documento de tipo encuesta pertenece al autor Villarroel, D. y ha sido adaptada al proyecto de investigación “Relación entre el estado de las vías Riobamba-Penipe, Riobamba-Guano y el costo de mantenimiento vehicular de buses”

Se solicita cordialmente que las preguntas sean respondidas en base a los valores reales o una aproximación cercana.

Placa de la unidad: _____

Modelo de la unidad: _____

1. ¿Cuál es el año de fabricación de la unidad de transporte?

2. ¿Cuántas veces circula la misma ruta por día?

3. ¿Con qué frecuencia cambia al año los elementos o repuestos mencionados?
Neumáticos

<input type="text"/>	1 vez
<input type="text"/>	2 veces
<input type="text"/>	3 veces
<input type="text"/>	4 veces
<input type="text"/>	>4 veces

Alineación, balanceo y rotación

<input type="text"/>	1 vez
<input type="text"/>	2 veces
<input type="text"/>	3 veces
<input type="text"/>	4 veces
<input type="text"/>	>4 veces

Frenos delanteros y posteriores

<input type="text"/>	1 vez
<input type="text"/>	2 veces
<input type="text"/>	3 veces
<input type="text"/>	4 veces
<input type="text"/>	>4 veces

Amortiguadores

<input type="text"/>	1 vez
<input type="text"/>	2 veces
<input type="text"/>	3 veces
<input type="text"/>	4 veces
<input type="text"/>	>4 veces

Rulimanes de manzanas

<input type="text"/>	1 vez
<input type="text"/>	2 veces
<input type="text"/>	3 veces
<input type="text"/>	4 veces
<input type="text"/>	>4 veces

4. ¿Cuál es el costo en dólares que paga por los elementos o repuestos mencionados en cada cambio?

COSTO APROXIMADO POR CADA CAMBIO	
Neumáticos	
Alineación, balanceo y rotación	
Frenos delanteros y posteriores	
Amortiguadores	
Rulimanes de manzanas	

5. ¿Cuál es el costo ANUAL EXTRA que asume por otros tipos de mantenimiento?

Agradecemos su colaboración.