



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**RELACIÓN ENTRE EL COSTO GENERADO AL TRANSPORTE
AUTOMOTOR Y EL ESTADO DE 6 VÍAS REPRESENTATIVAS DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Barrionuevo Mendoza Stalin Esequiel

Tutor:

Mgc. Ing. Saldaña Garcia Carlos Sebastian

Riobamba, Ecuador. 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza, con cédula de ciudadanía 060395722-6, autor) del trabajo de investigación titulado: **“RELACIÓN ENTRE EL COSTO GENERADO AL TRANSPORTE AUTOMOTOR Y EL ESTADO DE 6 VÍAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí 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, 26 de abril de 2022

Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza
C.I: 0603957226

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“RELACIÓN ENTRE EL COSTO GENERADO AL TRANSPORTE AUTOMOTOR Y EL ESTADO DE 6 VÍAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**, presentado por Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza, con cédula de identidad número 060395722-6, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 26 de abril 2022.

Mgs. Alexis Iván Andrade Valle
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Ángel Edmundo Paredes García
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Víctor Renee Velásquez Benavides
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Carlos Sebastián Saldaña García
TUTOR



Firma

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 COSTO GENERADO AL TRANSPORTE AUTOMOTOR Y EL ESTADO DE 6 VÍAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**, presentado por Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza, con cédula de identidad número 060395722-6, bajo la tutoría de Mgs. 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 26 de abril del 2022.

Presidente del Tribunal de Grado
Mgs. Alexis Iván Andrade Valle



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Ángel Edmundo Paredes García



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Víctor Renee Velásquez Benavides



Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **Barrionuevo Mendoza Stalin Esequiel** con CC: **0603957226**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil, NO VIGENTE**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**RELACIÓN ENTRE EL COSTO GENERADO AL TRANSPORTE AUTOMOTOR Y EL ESTADO DE 6 VÍAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**", que corresponde al dominio científico **Desarrollo Territorial – Productivo y Hábitat Sustentable para mejorar la calidad de vida**. y alineado a la línea de investigación **Ingeniería, Construcción, Industria y Producción** cumple con el **0%**, de acuerdo con el reporte del sistema Anti - plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo con la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 24 de marzo de 2022



Firmado electrónicamente por:

**CARLOS
SEBASTIAN
SALDANA GARCIA**

Ing. Carlos Saldaña García

DOCENTE TUTOR

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicado al esfuerzo directo e indirecto de las personas que habitan a nuestro alrededor.

A mi padre Esequiel Barrionuevo, quien es un ejemplo de sabiduría, amor, complicidad y consejos; a mi madre Emma Mendoza, la mujer más responsable y dedicada a su hogar, a mis tres hermanos: Samantha, Alan y Monserrath quienes con su locura han alegrado mi vida.

Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la vida, la salud y la oportunidad de seguir adelante en la realización de todas mis metas y por haber puesto en mi camino a las personas que han sido mi soporte y compañía durante mi formación académica.

Agradezco de manera especial a mi familia por ser el eje primordial para cumplir mis sueños.

A mi tutor el Ing. Carlos Saldaña, quien me brindó su asesoramiento y apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto y a cada uno de los docentes que formaron parte de mi vida estudiantil.

Stalin Esequiel Barrionuevo Mendoza

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Planteamiento del Problema.....	17
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	19
2.1 Estado del Arte	19
2.2 Marco Conceptual	20
2.2.1 Pavimento	20
2.2.2 Pavimento flexible	20
2.2.3 Clasificación de fallas en pavimentos flexibles	21
2.2.4 Medición del flujo vehicular	21
2.2.5 Evaluación de pavimentos flexibles.....	22
2.2.5.1 Clasificación de serviciabilidad presente (PSR).....	22
2.2.5.2 Índice de condición del pavimento (PCI).....	23
2.2.5.3 Índice de la regularidad superficial (IRI)	24
2.2.5.4 Relación entre los métodos IRI y PCI	26
2.2.6 Mantenimiento Vial	27
2.2.7 Costos de operación de vehículos	28
2.2.8 Velocidad de operación.....	30
CAPÍTULO III : METODOLOGÍA	31
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	31
3.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	32
3.2 Población de estudio y tamaño de muestra	33
3.3 Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	34
CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36

4.1	Resultados	36
4.2	Discusión.....	48
CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		49
5.1	Conclusiones	49
5.2	Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFÍA		51
ANEXOS		54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Porcentaje del estado de las capas de rodadura de la ciudad de Riobamba.....	19
Tabla 2	Fallas en pavimentos flexibles.....	21
Tabla 3	Escala de calificación de serviciabilidad.....	23
Tabla 4	Clasificación del estado de la superficie del pavimento – Método PCI.....	24
Tabla 5	Indicador de la regularidad superficial.....	25
Tabla 6	Variables que inciden en el costo de operación vehicular.....	28
Tabla 7	Composición de costos de operación.....	28
Tabla 8	Relación del costo de operación base y el IRI.....	29
Tabla 9	Longitud de vías a analizar.....	33
Tabla 10	Cuadro de resumen del Tráfico promedio diario anual (TPDA) obtenido.....	36
Tabla 11	Valores de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) de las vías.....	37
Tabla 12	Cuadro de resumen del Índice de condición del pavimento (PCI) obtenido.....	37
Tabla 13	Indicador de la regularidad superficial (IRI) en función al Índice de condición del pavimento (PCI).....	38
Tabla 14	Costo y velocidad de operación de vehículos livianos.....	43
Tabla 15	Costo y velocidad de operación de buses.....	44
Tabla 16	Costo y velocidad de operación de vehículos pesados.....	45
Tabla 17	Ahorro de costo de operación vehicular al mantener las vías en un estado óptimo.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escala de valores IRI.....	25
Figura 2 Relación entre la condición del pavimento y los tipos de mantenimientos.....	27
Figura 3 Relación del Índice internacional de rugosidad con la velocidad de operación.....	30
Figura 4 Diagrama del proceso metodológico.....	31
Figura 5 Pregunta 2. ¿Cuál considera usted que es el estado en general de las vías en la ciudad de Riobamba, donde 1 es Muy malo y 5 es Muy bueno?	39
Figura 6 Pregunta 3. ¿Cuál es la distancia promedio que se moviliza a diario en Riobamba?	39
Figura 7 Pregunta 4. Considera usted. ¿Qué el estado de la vía contribuye al deterioro prematuro de su vehículo e incrementa su costo de mantenimiento?	40
Figura 8 Pregunta 5. ¿Cuánto ha invertido en el último año en el mantenimiento en general de su vehículo (lubricantes, filtros, ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto eléctrico)?	40
Figura 9 Pregunta 6. ¿Cuál es el monto promedio que invierte en gasolina/diésel en un mes?	41
Figura 10 Pregunta 7. ¿Cada que tiempo realiza el cambio de neumático?	41
Figura 11 Pregunta 8. ¿Cuál es el costo que usted paga por el cambio de neumáticos?	42
Figura 12 Costo de operación vehicular por distancia recorrida.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Evidencia fotográfica del flujo vehicular para determinar el TPDA de las vías en estudio.	54
Anexo 2 Volumen de tránsito promedio diario anual (TPDA) de la Av. Bicentenario.....	55
Anexo 3 Cuadro de resumen de volumen de tránsito promedio diario anual (TPDA) de las vías en estudio.	56
Anexo 4 Evidencia fotográfica de la toma de datos para determinar el PSR.....	57
Anexo 5 Hoja de campo del diagnóstico vial (PSR) de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga.	58
Anexo 6 Cuadro de resumen de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) de las vías en estudio.	59
Anexo 7 Evidencia fotográfica de la medición de las fallas de acuerdo a la cantidad y severidad de las vías en estudio.....	60
Anexo 8 Hoja de campo Hoja de campo para determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Atahualpa.....	61
Anexo 9 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Bicentenario.	62
Anexo 10 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga.	62
Anexo 11 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Atahualpa	64
Anexo 12 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Vía Chambo.	66
Anexo 13 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. 11 de Noviembre.	67
Anexo 14 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Monseñor Leónidas Proaño..	68
Anexo 15 Correlación de la Clasificación de serviciabilidad presente (PSR) con del Índice de condición del pavimento (PCI).	69

Anexo 16 Indicador de la regularidad superficial (IRI) en función del Índice de condición del pavimento (PCI).....	69
Anexo 17 Formato de Encuesta aplicada a usuarios de la ciudad de Riobamba.....	70
Anexo 18 Relación del IRI con el costo de operación y con la velocidad de operación.....	72
Anexo 19 Costos de operación de los tipos de vehículos en las diferentes vías estudiadas...	73

RESUMEN

En la actualidad no es suficiente disponer de vías para la movilización sino que se exigen estándares de calidad donde se permita transitar en vías de óptimas condiciones de manera rápida, cómoda, segura y económica. La presente investigación se enfoca en ensayar 6 vías de alto flujo vehicular que se encuentren en diferentes estados de la capa superficial para determinar la relación existente entre el estado de las vías con el costo de operación vehicular y obtener un modelo de predicción de dichos costos aplicable a cualquier vía de la ciudad de Riobamba. Para alcanzar el objetivo propuesto se elaboró un esquema del proceso metodológico, cabe mencionar que para la recolección de datos in situ se implementó cámaras de vigilancia, recolección de datos de los métodos PCI y PSR, finalmente se aplicó encuestas a los usuarios de las vías generando una fuente fiable de información para obtener en el cálculo de costos de operación vehicular (C.O.V.) concluyendo que el estado de las vías afecta significativamente en el deterioro de vehículos y que el rango de estado (PCI) óptimo de las vías es de 70 a 100. Los resultados obtenidos se podrán utilizar para planificar los debidos mantenimientos de las vías estudiadas.

Palabras clave: Estado de las vías, costos de operación vehicular, flujo vehicular, deterioro.

ABSTRACT

Nowadays, it is not enough to have roads to move around, but quality standards are required to allow fast, comfortable, safe, and economical travel on roads in optimal conditions. This research focuses on testing six roads with the high vehicular flow that are in different states of the surface layer to determine the relationship between the condition of the roads with the cost of vehicular operation and to obtain a prediction model of these costs applicable to any road in the city of Riobamba. To achieve the proposed objective, an outline of the methodological process was elaborated; it is worth mentioning that for the collection of data, in situ surveillance cameras were implemented, data collection of the PCI and PSR methods, finally surveys were applied to road users generating a reliable source of information to obtain in the calculation of vehicle operation costs (V. O. C.), concluding that the condition of the roads significantly affects the deterioration of vehicles and that the optimum condition range (PCI) of the roads is 70 to 100. The obtained results can be used to plan the proper maintenance of studied roads.

Keywords: Road conditions, vehicle operating costs, vehicle flow, deterioration.



Firmado electrónicamente por:

**HUGO HERNAN
ROMERO
ROJAS**

Reviewed by:
Mgs. Hugo Romero

ENGLISH

PROFESSOR

C.C. 0603156258

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las vías son un tipo de infraestructura de transporte de suma importancia en el crecimiento y desarrollo de un país, hoy en día el desarrollo de un país o una ciudad se mide por la calidad de sus vías de comunicación y ninguna sociedad concibe su desarrollo al margen de un eficiente sistema de comunicación vial (Soto, 2015), con las políticas de gobierno y administraciones públicas o privadas se invierte para el desarrollo económico y social (GADM Riobamba, 2020).

En consecuencia en la Provincia de Chimborazo se planificó una inversión de al menos 6 291 959.81 y 16 184 575.22 dólares entre los años 2019 y 2020 del sector público para mejorar el servicio al usuario (CONGOPE, 2019), el uso de estos recursos debería mejorar el confort, la seguridad y reducir el tiempo del transporte de los usuarios, sin embargo el mejoramiento de la calidad de las vías se refleja en menores costos de transporte que a los usuarios les genera un beneficio directo (Chiluisa, 2018).

Varias instituciones administradoras del mantenimiento y operación de las vías da prioridad las intervenciones en función de indicadores técnicos determinados por expertos en carreteras, dejando muchas de las veces al margen al usuario que circula y siente los efectos de transitar por estas vías (Rojas & Quintín, 2013).

La deficiente gestión en la planificación para la conservación de las carreteras genera un bajo nivel de servicio en las vías, además de que afecta de forma negativa al costo asumido por el usuario (Orozco, 2019).

1.2 Planteamiento del Problema

En Riobamba, varias vías reflejan un mayor desgaste al estado de servicio de diseño, sin embargo, no se han ejecutado los debidos mantenimientos, en consecuencia, los usuarios llevan una mala experiencia al transitarlas de igual forma generan excesivos gastos de mantenimiento del vehículo y tiempo de movilidad.

Por ello se debe analizar el costo por transitar vías según en el estado que se encuentren con el costo de circulación y el incremento del tiempo de viaje, para determinar la rentabilidad de mantener vías en los límites de servicio. Se ha creado las siguientes interrogantes: ¿Cuánto afecta económicamente a los usuarios el mal estado de las vías? y ¿Se ha evaluado las consecuencias de una asignación insuficiente de recursos en las vías de Riobamba?

1.3 Justificación

La gestión de vías llevada a cabo por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Chimborazo y por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba es guiado por métodos empíricos y por validación de expertos en vialidad donde se ha evidenciado que dejan diversas vías importantes sin adecuados mantenimientos, mismas que son primordiales para acceso al comercio y el desarrollo de la ciudad.

Riobamba cuenta con un plan de movilidad 2017-2021 (GADM Riobamba, 2019a), donde se planifica la construcción de vías que proporcionen desfogue al tráfico interno de la ciudad, la política de crecimiento desordenado produce gastos innecesarios en nueva infraestructura (Chiluisa, 2018) ha producido descuidados en el mantenimiento vial y en el desempeño de algunas vías de la ciudad, razón por la cual se ha visto conveniente realizar un análisis del costo de transporte para justificar el correcto plan de mantenimiento de vías en mal estado (Pinto & Torres, 2013).

Dentro de los indicadores de condición de pavimento que reflejan el estado superficial o funcionalidad existen algunas variables que influyen el comportamiento y deterioro de

las vías como lo son: el clima, el tránsito, los materiales, etc. De allí se destaca la importancia de realizar investigaciones con datos propios de estas correlaciones que pueden mejorar la gestión de los mantenimientos vial con datos más ajustados a la realidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estimar la relación entre el estado de la vía con el costo asumido por el usuario.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el volumen de tráfico que circula en las vías.
- Evaluar el estado actual de las vías utilizando los métodos PSR y PCI.
- Establecer la relación entre el tiempo de viaje de vías en buen estado y vías en malas condiciones.
- Estimar el costo asumido por el usuario que transita por las vías en estudio mediante la aplicación de encuestas que evalúen criterios de serviciabilidad.

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Las nuevas estrategias de movilidad están revolucionando la forma de movilizarse, tanto de personas, bienes y servicios por los diferentes lugares dentro y fuera de las ciudades con el fin de cumplir varias actividades. Sin embargo, debido al crecimiento urbano no planificado, la falta de madurez y de inversión pública, no se ha podido dar respuesta a los problemas de circulación en la ciudad (Soto, 2015).

En la ciudad de Riobamba se detectó que las vías predominantemente son de capa asfáltica, continuando con el adoquín de hormigón y algunas vías centrales de adoquín de piedra, cabe mencionar que la mayoría de vías se encuentran con superficie de tierra. Las vías en mejor estado son de hormigón seguidas del asfalto y luego el adoquín de hormigón, en general las vías se encuentran en estado regular y se deben fortalecer los mantenimientos correspondientes.

Tabla 1

Porcentaje del estado de las capas de rodadura de la ciudad de Riobamba.

Capa de rodadura	Longitud/estado			Total Km
	Bueno	Regular	Malo	
Asfalto	3.91	223.83	11.83	239.56
	1.6%	93.4%	4.9%	100%
Adoquín de hormigón	3.71	186.4	25.86	215.95
	1.7%	83.3%	12.0%	100%
Tierra	0	0	130.66	130.66
	0%	0%	100%	100%
Hormigón	22.23	0.17	0.11	22.51
	99%	1%	0%	100%
Lastre	0.15	4.06	6.88	11.1
	1%	37%	62%	100%
Adoquín de piedra	0.87	5.11	4.7	10.69

	8%	48%	44%	100%
Empedrado	0	0	0.34	0.34
	0%	0%	100%	100%
Total	30.88	418.58	180.39	630.84

Fuente: (GADM Riobamba, 2019)

Debido a que las vías son de gran importancia para la movilidad, muchos autores proponen métodos de medición de la satisfacción y la calidad de una vía, que deberían ser analizadas a continuación se menciona los trabajos previos que se han realizado:

Como referencia para esta investigación se tomó como base el método Vehicle Operating Cost (VOC) y adaptado por el instituto mexicano del transporte, (IMT) para el cálculo de los costos de operación denominado VOCMEX, que tuvo como objetivo aportar al sector del transporte la información y un procedimiento sencillo para la estimación de costos de operación de vehículos representativos de tránsito interurbano en función del estado del pavimento (Salazar, 2008).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Pavimento

El pavimento es un elemento básico en la infraestructura vial por la funcionalidad que cumple dentro de las operaciones viales debe ofrecer comodidad y seguridad a los usuarios que lo transiten. El pavimento debe estar en las mejores condiciones en cuanto a su estructura y funcionalidad para brindar un excelente servicio a los usuarios (Tingal, 2021).

2.2.2 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles son aquellos que cuentan con una capa de rodadura formada por una mezcla asfáltica altamente resistente, esta capa está soportada sobre dos capas granulares no rígidas, las mismas que son la base y sub base (Ministerio de Transporte y Obras

Públicas del Ecuador, 2012). Estas capas deben proporcionar una superficie de rodadura uniforme para resistir los efectos del tráfico, el cambio climático y otros factores destructivos.

2.2.3 Clasificación de fallas en pavimentos flexibles

El deterioro de la superficie de la vía es influenciado por factores como el clima y el tránsito, ocasionando que la comodidad de conducir un vehículo sea deficiente y el costo operativo sea alto, los pavimentos flexibles pueden sufrir diferentes tipos de fallas, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2

Fallas en pavimentos flexibles.

Familia	Falla
Grietas o fisuras	Piel de cocodrilo, en bloque, de borde, deflexión de juntas, longitudinales - transversales, parabólica.
Deformaciones superficiales	Abultamiento y hundimiento, corrugación, depresión, ahuellamiento, deslizamiento, hinchamiento, disgregación – desintegración.
Textura superficial	Exudación, agregados pulidos.
Deterioro	Desnivel calzada y berma, parches - parches de cortes utilitarios, baches (huecos), cruces de vía férrea.

Fuente: (Pallasco, 2018)

La falla más común en los pavimentos flexibles es la falla de piel de cocodrilo, la cual se origina debido a la fatiga del pavimento que es causada por la acción repetida de las cargas de tráfico. Esta falla se considera un daño estructural importante (Camacho, 2017).

2.2.4 Medición del flujo vehicular

El volumen de tránsito proporciona información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre tramos específicos de la vía. La unidad de medida del TPDA

corresponde al valor promedio del flujo vehicular diario proporcionados a un año calendario (Chiquito, 2014).

Antes de contabilizar los vehículos, es necesario clasificarlos en grupos que son livianos, buses y vehículos pesados. La identificación del volumen de tránsito es una parte importante para planificación del mantenimiento y estimación del deterioro de la vía, debido a que su sobre o sub estimación se traduce en pérdidas económicas, por lo tanto, es necesario obtener información veraz que ayude a la inversión de la planificación de gestión, mantenimientos e infraestructura de transporte. En muchos casos no es viable realizar el aforo durante un año debido a la económica y por cuestión de plazos, como es conocido el volumen de tránsito tiene una naturaleza cíclica y repetitiva por lo cual se emplean valores de ajuste a aforos inferiores a un mes y se lo estima para un año.

2.2.5 Evaluación de pavimentos flexibles

2.2.5.1 Clasificación de serviciabilidad presente (PSR)

El PSR se originó a partir de la búsqueda de un valor para medir la serviciabilidad, es decir, la percepción del usuario de confort sobre el servicio que brinda la vía. El método utilizado consiste en seleccionar aleatoriamente a los usuarios que constituyen el equipo de evaluación, y cada usuario expresara su opinión subjetiva sobre la calidad de la vía mientras se conduce por la misma.

La percepción de la calidad se evalúa mediante un valor de 0 a 5, siendo el parámetro 5 muy bueno y 0 muy malo. Cabe recalcar que si el usuario observa grietas o deterioro en la capa de rodadura y estos son indetectables, se debe sancionar en la evaluación (Pozo, 2018). Cada calificación individual se conoce como calificación de servicio actual individual (IPSR) y al promedio del IPSR se conoce como calificación de servicio actual (PSR), es así, como se obtiene una calificación en relación al servicio brindado por la vía.

Tabla 3

Escala de calificación de serviciabilidad.

Calificación		Descripción
Numeral	Verbal	
5-4	Muy bueno	Solo los pavimentos nuevos o casi nuevos son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en su categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4-3	Bueno	Los pavimentos de esta categoría si bien no son tan suaves como los “Muy Buenos”, pero entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. En pavimentos flexibles pueden comenzar a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria.
3-2	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades. Los defectos superficiales pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento.
2-1	Malo	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad de tránsito. Pueden tener grandes baches y grietas profundas. Incluye perdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento que ocurre en un 50% o más de la superficie.
1-0	Muy malo	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas.

Fuente: (Rodríguez & Saldaña, 2019).

2.2.5.2 Índice de condición del pavimento (PCI)

El método PCI es un proceso que consiste en determinar el estado del pavimento mediante una inspección visual donde se determinan el tipo de falla, severidad y número de fallas presentes, de una manera fácil de implementar que no requiere herramientas

especializadas, se evalúa mediante un valor de 0 a 100, siendo el parámetro 100 excelente y 0 fallado. (Castillo & Chacater, 2019)

El PCI no puede medir la capacidad estructural de los pavimentos, pero proporciona una base objetiva para determinar las necesidades y prioridades mantenimiento del pavimento (Norma ASTM D6433, 2007).

Tabla 4

Clasificación del estado de la superficie del pavimento – Método PCI.

Rango	Clasificación	Color
100 – 86	Excelente	
85 – 71	Muy bueno	
70 – 56	Bueno	
55 – 41	Regular	
40 – 26	Malo	
25 – 11	Muy malo	
10 - 0	Fallado	

Fuente: (Rodríguez, 2009)

2.2.5.3 Índice de la regularidad superficial (IRI)

La especificación ASTM E867 “Terminology Relating to traveled Surface Characteristics” y la normativa peruana CE.010, describe la rugosidad como una medida de la desviación de una superficie con respecto a una superficie que es perfectamente plana, con valores que representan la calidad de los viajes vehiculares y la dinámica de un vehículo al transitar (Pradena, 2006).

El IRI es ampliamente aceptada en todo el mundo y utilizada en investigaciones de todos los niveles porque influye directamente en la percepción del estado de la vía y la velocidad que es posible transitar en las vías según su rugosidad, donde el rango de valores del IRI se definen para dos tipos de vía.

Tabla 5

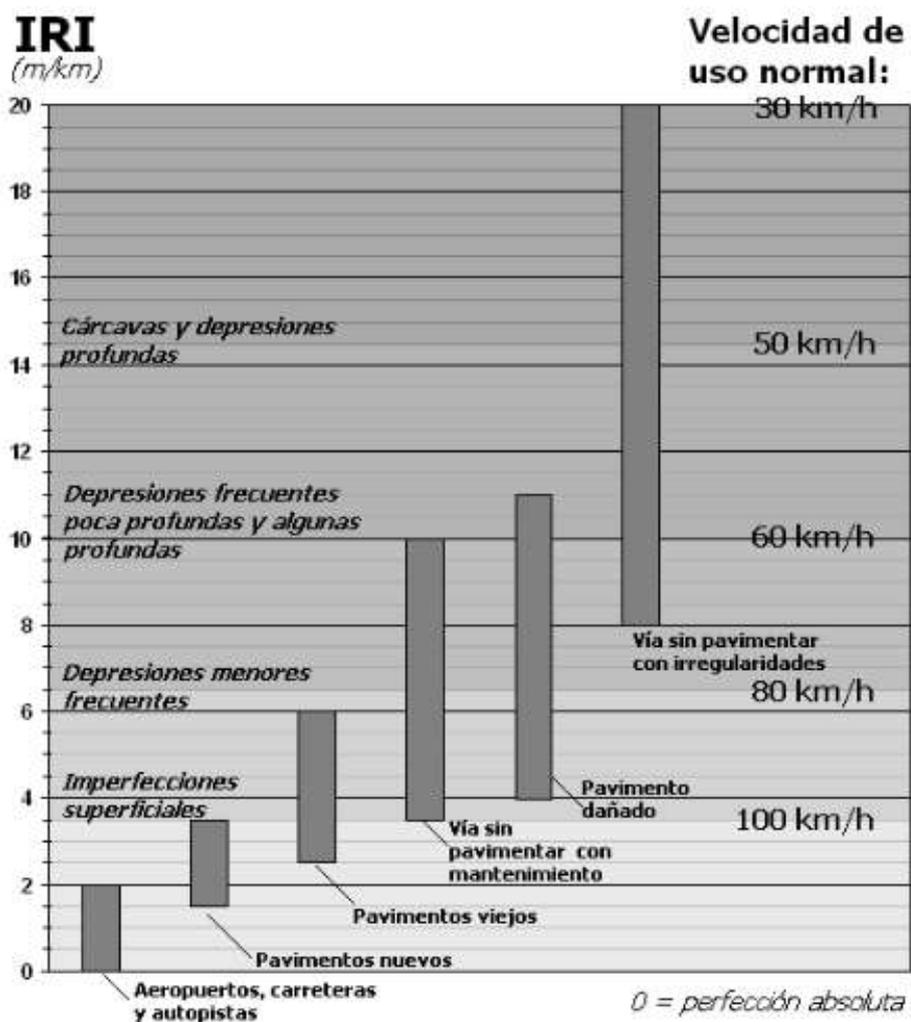
Indicador de la regularidad superficial.

	Vías pavimentadas	Vías no pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4 < IRI \leq 5$	$10 \leq IRI$
Muy malo	$5 < IRI$	$9 < IRI \leq 10$

Fuente: (Tingal, 2021)

Figura 1

Escala de valores IRI.



Fuente: (Tingal, 2021)

2.2.5.4 Relación entre los métodos IRI y PCI

Al realizar la búsqueda bibliográfica se observan dos tipos de ecuaciones para la relación entre variables PCI e IRI, que pueden ajustarse al caso de estudio, tales como:

2.2.5.4.1 Función de tipo exponencial

La relación entre los métodos PCI e IRI se utilizó para los estudios del atlántico norte de Estados Unidos, donde se ha como datos muestras desde 1983, como se comenta en (Sachún, 2016), se menciona a este autor para demostrar que su fórmula obtiene mayor relación lineal entre las variables pero no es apta para rangos amplios de datos, la siguiente ecuación detalla la relación:

$$PCI = K_1 * IRI^{K_2} \quad (1)$$

Donde:

$$K_1 = 100$$

$$K_2 = -0.436$$

Los valores de K_1 y K_2 varían dependiendo de las condiciones iniciales de la vía.

Las mediciones del PCI representan de mejor manera el estado de la vía, dando una mejor relación con el IRI en vías donde el valor inicial del IRI es menor a 2 mm/km. Mismas condiciones iniciales que en Ecuador no se cumplen en la mayoría de las ocasiones, esta ecuación da valores adecuados para valores de PCI altos y para valores bajos al tratarse de una fórmula exponencial estos se disparan no reflejando la realidad de los datos.

2.2.5.4.2 Función de tipo lineal

La función lineal para relacionar el PCI y el IRI aporta valores más precisos para una variedad más amplia de datos (Camacho, 2017), propone un modelo lineal que distingue entre tipo de estructura de pavimento y según el volumen de tráfico, y propone la siguiente ecuación:

$$PCI = A * (IRI_{Asf}) + B \quad (2)$$

Donde:

$$A = -0.224$$

$$B = 120.02$$

$IRI_{Asf} =$ IRI de pavimento asfáltico (in/mi)

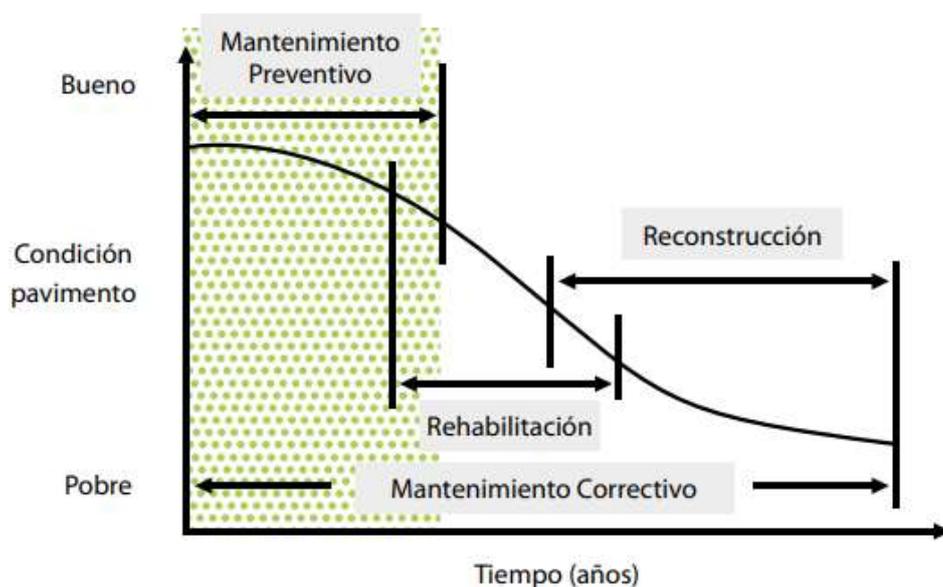
Los valores A y B varían dependen de las características de sitio.

2.2.6 Mantenimiento Vial

El mantenimiento vial requiere una orientación a medio y largo plazo. Por lo tanto, resulta preciso que las entidades administradoras de las vías cuenten con la capacidad adecuada para realizar una planificación a largo plazo y sean capaces de identificar las deficiencias en el componente de inversión en obras de recuperación. La planificación a mediano plazo proporcionará las herramientas necesarias para evaluar estas inversiones y tomar medidas para manejar los fondos y preparar el diseño, con el objetivo de hacer el trabajo de manera oportuna y maximizar su rentabilidad. En el corto plazo, la planificación anual y la programación del trabajo deben enfocarse en el mantenimiento preventivo para evitar tener que recurrir a más tiempo y costosos mantenimientos correctivos. (Pallasco, 2018)

Figura 2

Relación entre la condición del pavimento y los tipos de mantenimientos.



Fuente: (Picado, 2016)

2.2.7 Costos de operación de vehículos

Los costos de operación vehicular es un modelo matemático, que se mide en función del tipo de vehículo, el desgaste o deterioro que ocasiona al movilizarse por las vías (Álvarez & Calle, 2014). Estos desgastes ocasionan al propietario una serie de gastos que se lo clasificó como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 6

Variables que inciden en el costo de operación vehicular.

Costos fijos	Costos variables
Seguro	Combustible
Salarios y prestaciones	Llantas
Parqueaderos	Lubricantes
Impuestos	Filtros
	Mantenimiento
	Lavado y engrase Imprevistos (ABC frenos, alineamiento y balanceo)

Fuente: (Salazar, 2008)

Tabla 7

Composición de costos de operación.

Tipo	Componente	Descripción
Costos directos	Combustibles	Se calculan a partir de un valor de consumo por Km.; depende de la velocidad de circulación de los vehículos.
	Lubricantes	Se mide como un porcentaje de consumo de combustible. Según estudios realizados en vehículos circulando a velocidad constante este porcentaje es del orden de 0,8%.
	Neumáticos	Se calcula a partir de la vida útil de los neumáticos; se delimita por los kilómetros que recorra, y según las condiciones del pavimento de la carretera.

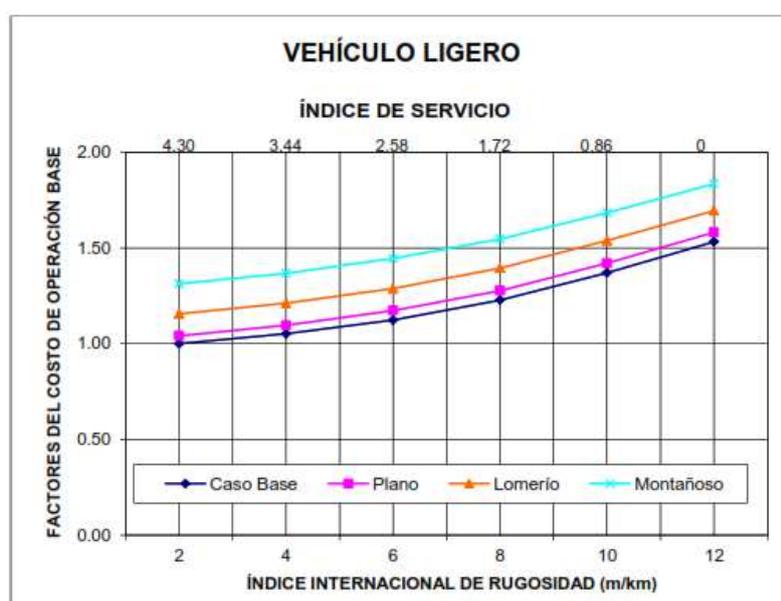
	Mantenimiento	Incluye, entre los principales: lubricantes, filtros, limpieza o sustitución de inyectores, frenos, transmisión, suspensión, alineación y balanceo
	Amortización	Se calculan como costo de propiedad, constante a lo largo de la vida útil del vehículo. Para vías en buen estado, la vida útil es aproximadamente 15 años.
Costos indirectos	Seguros	La ley recientemente aprobada obliga la contratación de seguros que involucra vehículo, ocupantes y terceros. Su valor se refiere al costo del automotor.
	Infraestructura	Se refiere a costos económicos de las infraestructuras del transporte, y es opcional.
	Impuestos	Corresponden a los valores de matriculación y revisión anual vigentes en el país.

Fuente: (Salazar, 2008)

En la siguiente figura se muestra la relación del factor de costo de operación base de un vehículo ligero en función del valor del IRI, se puede apreciar el incremento de costo de mantenimiento de vehículos que genera una mala calidad de la capa superficial de la vía.

Tabla 8

Relación del costo de operación base y el IRI.



Fuente: (Arroyo et al., 2012)

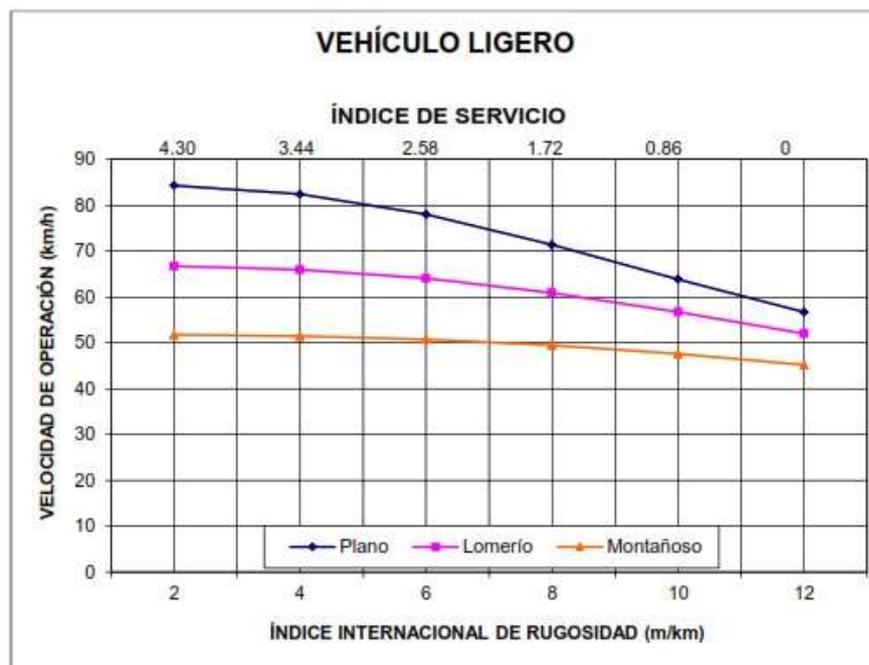
2.2.8 Velocidad de operación

Para que un vehículo pueda mantener una velocidad óptima en la vía se debe programar el mantenimiento adecuado considerando varios factores, como son las características del pavimento existente, el impacto ambiental y el impacto social, así como la economía de la obra y su financiamiento. Además de cuidar que los vehículos puedan transitar a una determinada velocidad manteniendo una circulación fluida.

En la figura 3 se evidencia la reducción de la velocidad de los vehículos que transitan en malas condiciones de la capa superficial del pavimento mismas que impiden que el tráfico vehicular fluya con normalidad, lo que puede influenciar en una mayor congestión vehicular. Cabe recalcar que existen diversas graficas de velocidad de operación en función del tipo de vehículo.

Figura 3

Relación del Índice internacional de rugosidad con la velocidad de operación.



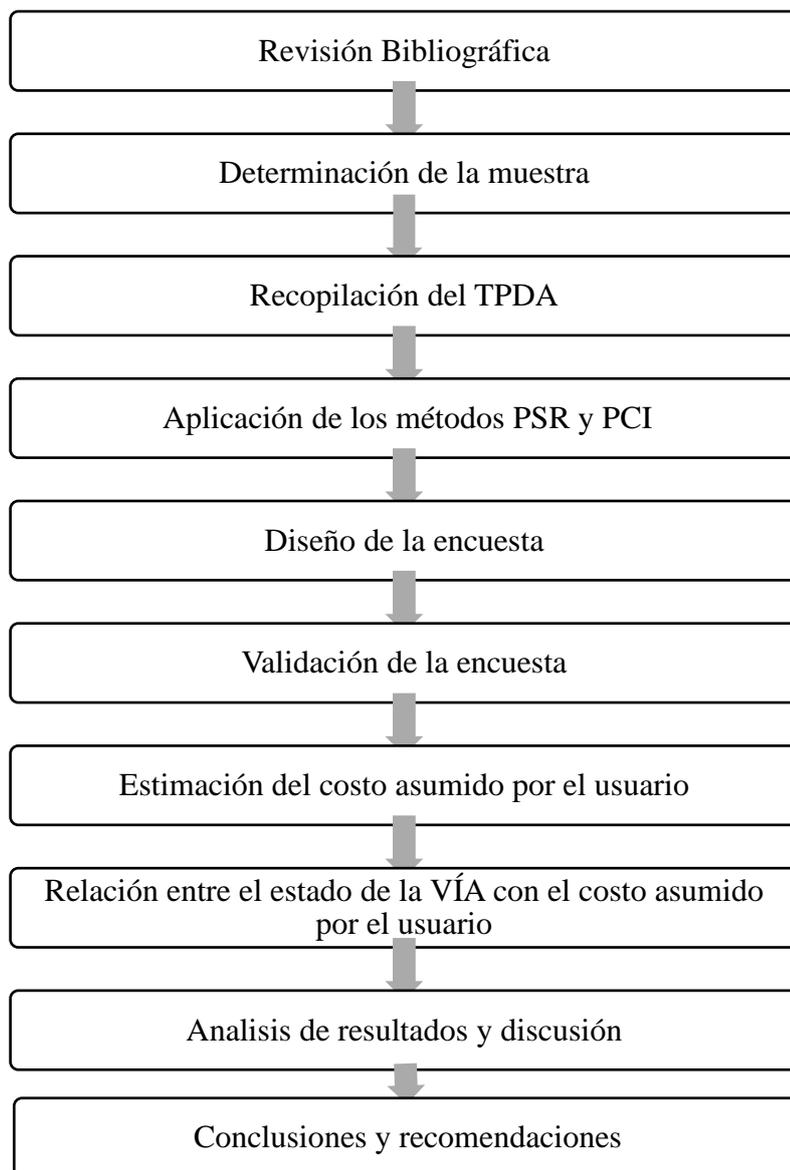
Fuente: (Arroyo et al., 2012)

CAPÍTULO III : METODOLOGÍA

Se presenta el esquema del proceso metodológico utilizado para el desarrollo de la investigación, en primer lugar se realizó una búsqueda bibliográfica posteriormente se siguen los pasos detallados a continuación.

Figura 4

Diagrama del proceso metodológico.



3.1 Tipo y diseño de investigación

Para alcanzar el objetivo de la investigación se desarrolló un diseño de investigación mixto tanto cuantitativo como cualitativo.

Se llevó a cabo un enfoque cuantitativo debido a las mediciones que determinan las características de las vías. Por otra parte, se desarrolló un enfoque cualitativo dado que se tomó la opinión de los usuarios sobre el estado de la vía, costos de operación y tiempos de mantenimientos.

Es importante mencionar que se desarrolló dos tipos de investigación: la investigación documental donde se realizó una búsqueda bibliográfica de la literatura, se recolectó información y datos relevantes en buscadores como Google académico, SCOPUS, repositorios digitales de las diferentes universidades, bases de datos de organismos gubernamentales entre otros y la investigación de campo que permite recolectar los datos de las vías seleccionadas de la ciudad de Riobamba.

3.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se planteó realizar el levantamiento de datos a partir de una técnica de recolección de datos mixta. En primer lugar, se utilizó la técnica de observación experimental en la selección y caracterización de las vías de la ciudad de Riobamba, la información fue obtenida mediante hojas de campo utilizados en los diferentes métodos TPDA, PSR y PCI. Finalmente se ejecutó la técnica de las encuestas para determinar el estado de la vía, los costos de operación que ocasiona el transitar por dichas vías. Ver anexos 1 al 8

Para realizar el conteo vehicular se colocó cámaras de video vigilancias en las principales intersecciones durante 24 horas diarias de 7 días consecutivos, para realizar el método PSR se manejó un vehículo liviano con personal capacitado en infraestructura vial que constituye el equipo de evaluación finalmente para obtener los datos de método PCI el instrumento que se utilizó un flexómetro y una libreta de campo.

3.2 Población de estudio y tamaño de muestra

El presente proyecto de investigación corresponde a una población finita limitada por las vías asfaltadas de la ciudad de Riobamba, donde existen 239.56 km de corredores principales (GADM Riobamba, 2019).

Se verificó que la muestra sea parte de la población de estudio donde se tomó la decisión de realizar un muestreo no probabilístico por conveniencia, trabajando con las vías que se presentan en la tabla 9, basado en el nivel de mantenimientos que se han ejecutado, el estado y serviciabilidad de las vías con el fin de presentar los tres escenarios de deterioro: dos vías que no se haya dado mantenimiento o en intervalos de tiempo muy largos, dos vías que se haya dado mantenimientos considerados y dos vías con mantenimiento rutinario oportunos.

Tabla 9

Longitud de vías a analizar.

Nombre de la vía	Longitud total (Km)
Av. Bicentenario	1.56
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	2.10
Av. Atahualpa	3.18
Vía a Chambo	3.26
Av. 11 de Noviembre	2.27
Av. Monseñor Leónidas Proaño	2.10

Es necesario mencionar que para el muestreo del método PCI existen procedimientos ampliamente difundidos y se pueden encontrar detallados en la normativa (Norma ASTM D6433, 2007). Se aplicó dicha normativa en la presente tesis.

Para la aplicación de las encuestas se calculó el tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (3)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra para la investigación

N = Tamaño de población o universo, definido por el número de habitantes de la ciudad de Riobamba.

Z = Parámetro estadístico asociado a un nivel de confianza de 95%

e = Error de estimación máximo aceptado del 5%.

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

$q = (1 - p)$ = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

3.3 Métodos de análisis y procesamiento de datos

Posterior al levantamiento de datos en campo se realizó el análisis e interpretación de la información mediante el uso de programas informáticos como Microsoft Excel y Visual Basic que permite la digitalización de la información.

Para determinar el TPDA se siguió la normativa NEVI 12 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012) la cual detalla la clasificación de vías en función del tráfico entre otras.

Para desarrollar el método PCI se tomó en cuenta la normativa ASTM-D 6433, en la cual se detalla el procedimiento para el cálculo de los valores deducidos de cada tipo de falla de acuerdo a la cantidad y severidad, además de contar con un muestreo que permitió optimizar los recursos se aseguró un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Por otra parte para ejecutar el método PSR se empleó el procedimiento descrito por el experimento vial de la AASHTO donde de forma subjetiva se evaluó cada vía (Sachún, 2016).

La principal medida que describe la calidad de los viajes son los métodos IRI y PCI que permiten medir la calidad de la capa superficial, una vez obtenido los resultados del método PCI se los relacionó con el método IRI y se toman como válidos debido al coeficiente de correlación de Pearson dando un resultado de 0.82 la cual representa una relación muy alta

entre las variables, se realizó la correlación entre los dos métodos para dejar de lado las mediciones subjetivas del índice de servicio actual de las vías y poder utilizar el modelo de deterioro de vehículos propuesto por instituto mexicano de transporte (Arroyo et al., 2012).

Una vez aplicada la encuesta se procedió a tabular los datos, para identificar tendencias y posteriormente depurar los datos. Finalmente se realizaron las respectivas gráficas para una mejor interpretación de los resultados

CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Una vez obtenido los resultados del tráfico promedio diario anual (TPDA) se obtuvo los porcentajes de vehículos que circulan por la vía, los cuales serán utilizados en los cálculos del costo de operación de vehículos por vía.

Tabla 10

Cuadro de resumen del Tráfico promedio diario anual (TPDA) obtenido.

Vía	TPDA	Tipo
Av. Bicentenario	17872	
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	4781*	
	8873	carreteras RI y RII
Av. Atahualpa	10010	(TPDA superior a
Vía a Chambo	9578	8000)
Av. 11 de Noviembre	18224	
Av. Monseñor Leónidas Proaño	13061	

Nota. El tráfico promedio de la vía capitán Edmundo Chiriboga cuenta con dos tramos de diferentes volúmenes de tráfico se tomó en cuenta por tener un tramo con un TPDA igual a 8000.

El tipo de tráfico vehicular es importante en la gestión de mantenimiento vial, por el impacto que los vehículos pesados tienen en el deterioro de las vías. El TPDA es importante para determinar el cálculo del costo de operación, mismo que fue dividido en 3 tipos de vehículos (livianos, buses y camiones pesados) en base al peso de los vehículos (Arroyo et al., 2012).

Para determinar el estado actual de las vías en estudio se presenta la tabla 11 donde se puede evidenciar el resultado de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) de cada vía y su respectiva valoración.

Tabla 11

Valores de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) de las vías.

Vía	PSR	Calificación
Av. Bicentenario	5.00	Muy bueno
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	4.12	Muy bueno
Av. Atahualpa	3.80	Bueno
Vía Chambo	4.06	Muy bueno
Av. 11 de Noviembre	2.80	Regular
Av. Monseñor Leónidas Proaño	2.00	Malo

A continuación se realizó una medición del índice de condición del pavimento (PCI) para cada vía como se representa en la tabla 12.

Tabla 12

Cuadro de resumen del Índice de condición del pavimento (PCI) obtenido.

Vía	PCI	Calificación	
Av. Bicentenario	100	Excelente	
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	76	Muy bueno	
Av. Atahualpa	73	Muy bueno	
Vía Chambo	53	Regular	
Av. 11 de Noviembre	39	Malo	
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35	Malo	

Para correlacionar el método PCI con el método IRI se utilizó la formula lineal propuesta anteriormente, donde los valores de A y B son adaptables según las condiciones de sitio, por la falta de información local se utilizaron los valores recomendados por el autor de la fórmula.

Tabla 13

Indicador de la regularidad superficial (IRI) en función al Índice de condición del pavimento (PCI).

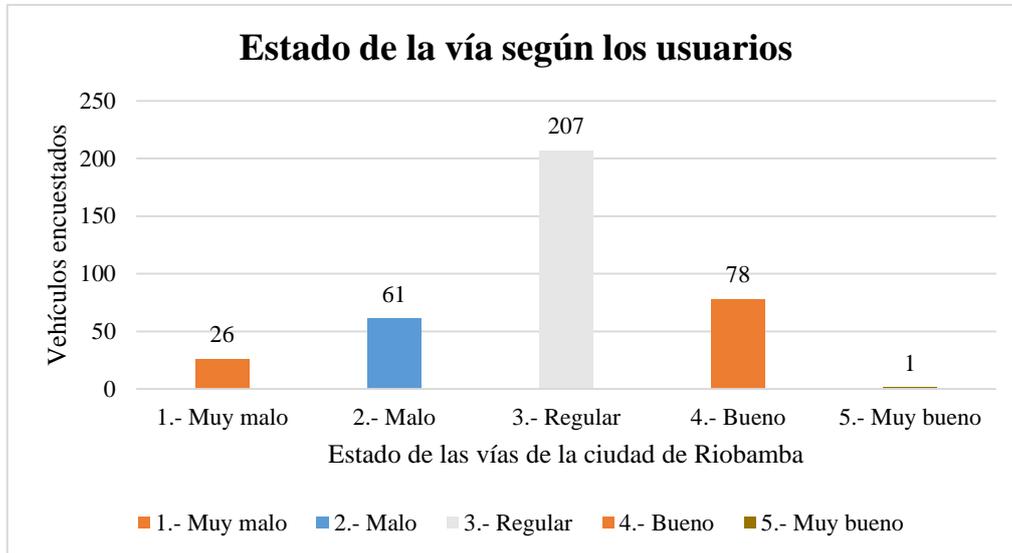
Nombre de la vía	PCI	IRI_{Asf} (in/mi)	IRI (m/Km)
Av. Bicentenario	100	89.37	1.4
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76	196.51	3.1
Av. Atahualpa	73	209.91	3.3
Vía a Chambo	53	299.19	4.7
Av. 11 de Noviembre	39	361.69	5.7
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35	379.55	6.0

A continuación, se representan los gráficos donde se puede evidenciar las respuestas que proporcionaron los usuarios, cabe mencionar que el cuestionario de la encuesta contiene ocho preguntas cerradas respecto al estado de las vías y los costos de operación vehicular, los resultados de las encuestas serán utilizados en el cálculo del tiempo de viaje según en el estado que se encuentre cada vía.

En la pregunta 1 se clasificó en tres tipos de vehículos que son: liviano, buses y de carga pesada, fue importante realizar esta pregunta para categorizar los resultados de las encuestas.

Figura 5

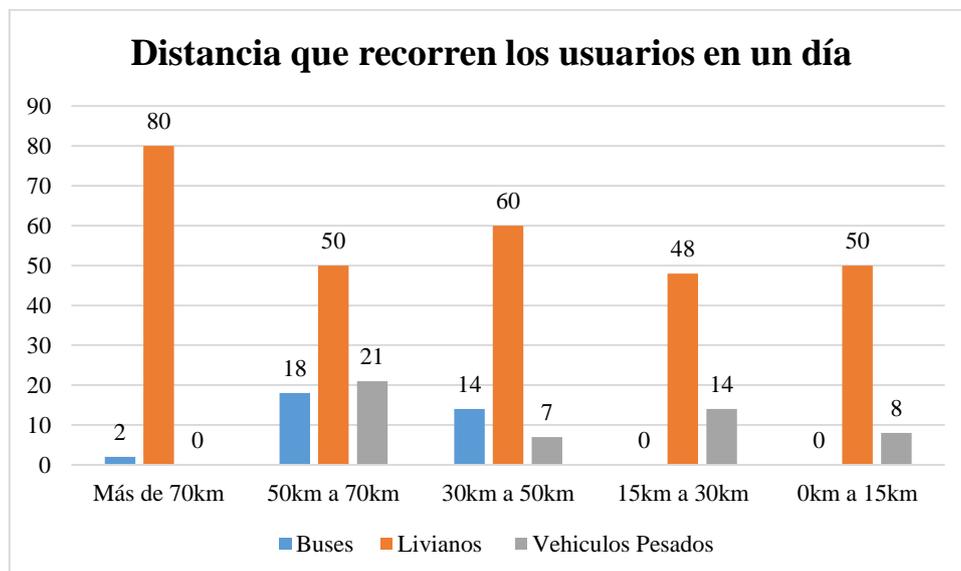
Pregunta 2. ¿Cuál considera usted que es el estado en general de las vías en la ciudad de Riobamba, donde 1 es Muy malo y 5 es Muy bueno?



En la figura 5, se puede evidenciar el criterio que tienen los usuarios sobre el estado de las vías de la ciudad de Riobamba, donde 207 usuarios que representan 55.5% de vehículos encuestados consideran que el estado de las vías es regular, la tendencia es a los valores más bajos de serviciabilidad.

Figura 6

Pregunta 3. ¿Cuál es la distancia promedio que se moviliza a diario en Riobamba?



En la figura 6, al analizar los datos se concluyó el promedio de la distancia que recorren los diferentes tipos de un vehículo en un día es: liviano 29.4 km, buses 28.8 km y vehículos pesados 46.3 km.

Figura 7

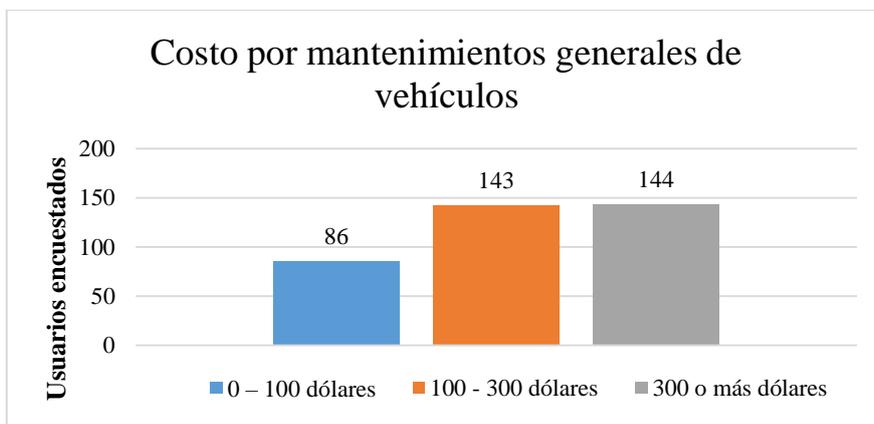
Pregunta 4. Considera usted. ¿Qué el estado de la vía contribuye al deterioro prematuro de su vehículo e incrementa su costo de mantenimiento?



En la figura 7 se puede evidenciar que el 98% de los usuarios está consciente que el estado de la vía contribuye al prematuro deterioro de su vehículo no obstante desconocen en qué medida afecta.

Figura 8

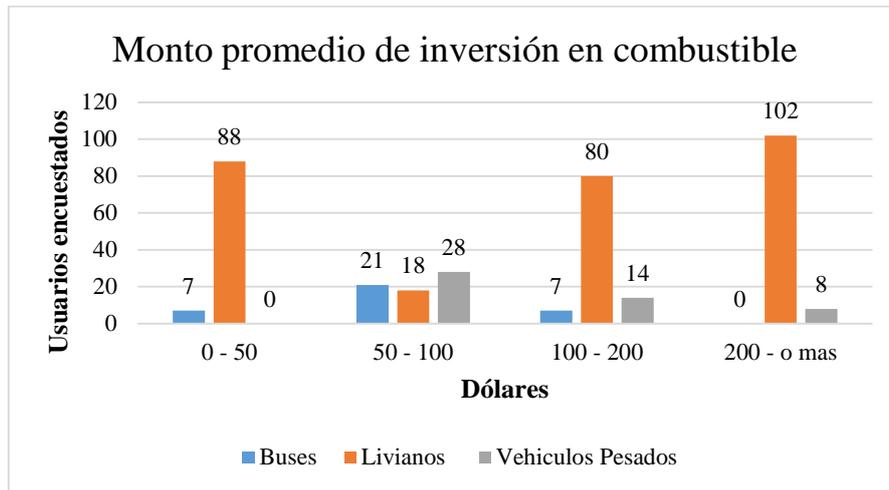
Pregunta 5. ¿Cuánto ha invertido en el último año en el mantenimiento en general de su vehículo (lubricantes, filtros, ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto eléctrico)?



Se puede distinguir que la mayoría de los vehículos gastan en mantenimientos generales un promedio de 100 a 300 dólares aproximadamente cada 3 a 4 meses.

Figura 9

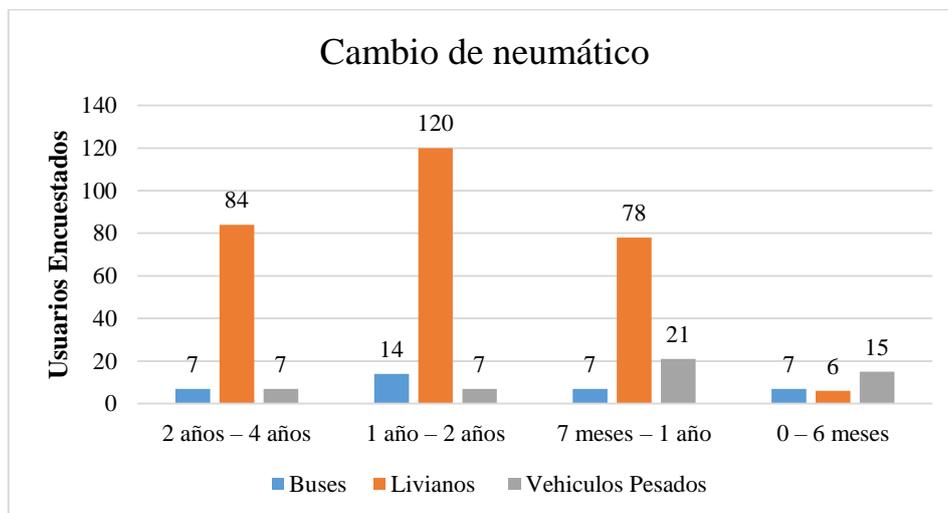
Pregunta 6. ¿Cuál es el monto promedio que invierte en gasolina/diésel en un mes?



Se puede evidenciar que la mayoría de vehículos livianos tienen un consumo elevado de combustible, buses y vehículos pesados consumen menos por la diferencia en el costo del tipo de combustible, la mayoría de los usuarios encuestados correspondían a taxistas (normalmente consumen mayor combustible).

Figura 10

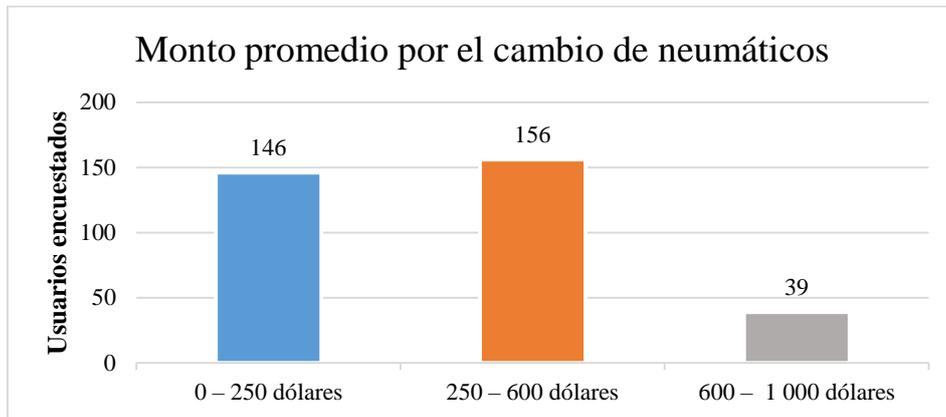
Pregunta 7. ¿Cada que tiempo realiza el cambio de neumático?



El mayor porcentaje de usuarios encuestados están de acuerdo que los neumáticos se reemplazan de 2 a 3 años, esto dependerá el recorrido que se realice el vehículo.

Figura 11

Pregunta 8. ¿Cuál es el costo que usted paga por el cambio de neumáticos?



La mayoría de usuarios encuestados realiza el cambio de neumáticos en un monto promedio de 450 dólares.

Finalmente, con los datos de la encuesta se procesó y manejó en la elaboración de un valor de mantenimientos, que junto con datos del levantamiento de información vehicular TPDA se caracterizó y calculó la velocidad de operación de vehículos en la ciudad de Riobamba como se muestra a continuación.

Como se puede apreciar en las tablas 14,15 y 16, los factores de operación vehicular afectan significativamente en el costo de operación de cada vehículo llegando a incrementarse un 11,20% (\$447,2) para vehículos livianos, 7,20% (\$291,0) para buses y 19,29% (\$1138,7) para vehículos pesados.

Tabla 14

Costo y velocidad de operación de vehículos livianos.

Nombre de la Vía	(PCI)	Recorrido de promedio de vehículos (km)	Costo de mantenimiento (dólares)	Consumo de combustible (dólares)	Costo de cambio de neumáticos promedio (dólares)	Factor de costo de operación base	Llantas (dólares)	Combustible (dólares)	Mantenimientos generales (dólares)	C.O.V. (dólares/año)	TPDA	Costo de operación vehicular por vía (dólares/año)	Velocidad recomendada máxima (km/h)	Tiempo de movilización (min)
Av. Bicentenario	100					1,16	1074,5	1740,0	392,1	3990,8	17027	2 311 203.57	67	26,3
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76					1,19	1102,3	1785,0	402,2	4094,0	8067	1 123 318.70	66	26,7
Av. Atahualpa	73	29,4	338,0	125,0	440,0	1,19	1102,3	1785,0	402,2	4094,0	9687	1 348 988.39	66	26,7
Vía a Chambo	53					1,24	1148,6	1860,0	419,1	4266,0	8494	1 232 494.30	65	27,1
Av. 11 de Noviembre	39					1,28	1185,7	1920,0	432,6	4403,6	17453	2 614 105.39	64	27,6
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35					1,29	1194,9	1935,0	436,0	4438,0	11913	1 798 248.38	64	27,6

Tabla 15

Costo y velocidad de operación de buses.

Nombre de la Vía	(PCI)	Recorrido de promedio de vehículos (km)	Costo de mantenimiento (dólares)	Consumo de combustible (dólares)	Costo de cambio de neumáticos promedio (dólares)	Factor de costo de operación base	Llantas (dólares)	Combustible (dólares)	Mantenimientos generales (dólares)	C.O.V. (dólares/año)	TPDA	Costo de operación vehicular por vía (dólares/año)	Velocidad recomendada máxima (km/h)	Tiempo de movilización (min)
Av. Bicentenario	100					1,38	1904,4	1324,8	262,2	4015,8	44	6 135,36	63	27,4
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76					1,40	1932,0	1344,0	266,0	4074,0	41	5 776,08	62	27,9
Av. Atahualpa	73	28,8	190	80	529	1,41	1945,8	1353,6	267,9	4103,1	170	24 222,11	62	27,9
Vía a Chambo	53					1,45	2001,0	1392,0	275,5	4219,5	245	35 895,05	61	28,3
Av. 11 de Noviembre	39					1,48	2042,4	1420,8	281,2	4306,8	183	27 365,62	61	28,3
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35					1,48	2042,4	1420,8	281,2	4306,8	171	25 571,63	60	28,8

Tabla 16

Costo y velocidad de operación de vehículos pesados.

Nombre de la Vía	(PCI)	Recorrido de promedio de vehículos (km)	Costo de mantenimiento (dólares)	Consumo de combustible (dólares)	Costo de cambio de neumáticos promedio (dólares)	Factor de costo de operación base	Llantas (dólares)	Combustible (dólares)	Mantenimientos generales (dólares)	C.O.V. (dólares/año)	TPDA	Costo de operación vehicular por vía (dólares/año)	Velocidad recomendada máxima (km/h)	Tiempo de movilización (min)
Av. Bicentenario	100					1,40	2238,0	2217,6	483,0	5 904,6	801	102 195,27	55	50,5
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76					1,47	2349,9	2328,5	507,2	6 199,8	765	102 477,67	54	51,4
Av. Atahualpa	73	46,3	345	132	373	1,48	2365,9	2344,3	510,6	6 242,0	153	20 628,99	54	51,4
Vía a Chambo	53					1,58	2525,7	2502,7	545,1	6 663,8	839	120 753,72	53	52,4
Av. 11 de Noviembre	39					1,64	2621,7	2597,8	565,8	6 916,8	588	87 840,48	52	53,4
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35					1,67	2669,6	2645,3	576,2	7 043,3	977	148 625,21	51	54,5

Tabla 17

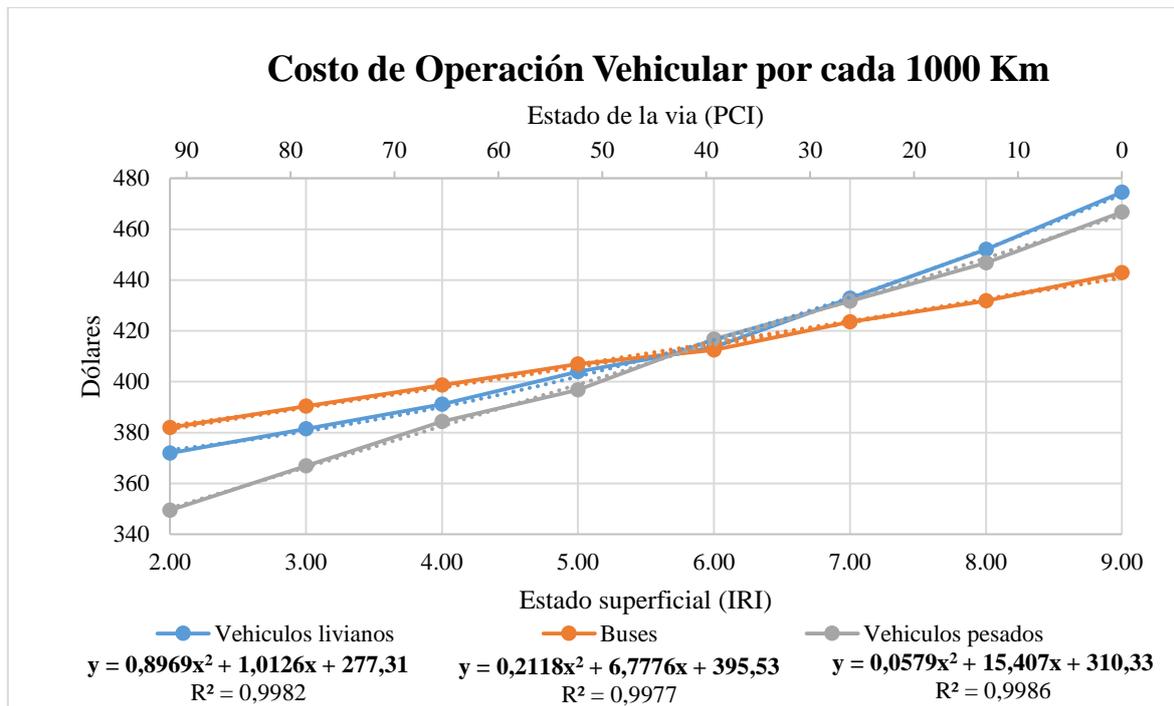
Ahorro de costo de operación vehicular al mantener las vías en un estado óptimo.

Vía	Estado de la vía (PCI)	Recorrido promedio (Km)	Factor de C.O.V	Factor de C.O.V. Base	C.O.V. Vías de Riobamba (dólares/Km)	C.O.V. base (dólares/Km)	Variación C.O.V. (dólares)	TPDA	Variación C.O.V. diaria/Km (dólares)	Variación anual total por kilómetro (dólares)	Variación anual total por vía
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76	29.4	1.19	1.16	0.38	0.37	0.0096	8067	78		
		28.8	1.4	1.38	0.39	0.38	0.0055	41	0	33281	69891
		46.3	1.47	1.4	0.37	0.35	0.0175	765	13		
Av. Atahualpa	73	29.4	1.19	1.16	0.38	0.37	0.0096	9687	93		
		28.8	1.41	1.38	0.39	0.38	0.0083	170	1	35639	113331
		46.3	1.48	1.4	0.37	0.35	0.0200	153	3		
Vía a Chambo	53	29.4	1.24	1.16	0.40	0.37	0.0256	8494	218		
		28.8	1.45	1.38	0.40	0.38	0.0194	245	5	95005	309718
		46.3	1.58	1.4	0.39	0.35	0.0449	839	38		
Av. 11 de Noviembre	39	29.4	1.28	1.16	0.41	0.37	0.0385	17453	671		
		28.8	1.48	1.38	0.41	0.38	0.0277	183	5	259776	589692
		46.3	1.64	1.4	0.41	0.35	0.0599	588	35		
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35	29.4	1.29	1.16	0.41	0.37	0.0417	11913	496		
		28.8	1.48	1.38	0.41	0.38	0.0277	171	5	206976	434649
		46.3	1.67	1.4	0.42	0.35	0.0674	977	66		

Al analizar la variación de C.O.V. se observa que las vías en un estado de deterioro avanzado presentan un mayor costo llegando en el peor de los casos a sextuplicarse el costo al disminuir a la mitad el estado de la vía, representando un incremento considerable en el costo asumido por los usuarios.

Figura 12

Costo de operación vehicular por distancia recorrida.



En la tabla 18 podemos ver el incremento del C.O.V. Conforme el pavimento baja el valor del PCI, al realizar estas graficas podemos ver una relación polinómica entre las variables de la cual podemos extraer la ecuación característica que es de utilidad como modelo de predicción para el C.O.V. para vías de Riobamba.

4.2 Discusión

La presente investigación permitió conocer la relación entre el deterioro de vehículos y el estado de las vías, donde se evaluó 2 vías que se realizan mantenimientos oportunos, 2 vías con mantenimientos que se han vuelto insuficientes por una atención no oportuna y 2 vías que se han descuidado por completo los mantenimientos.

Se comparó los datos obtenidos en la ciudad de Ambato por Ing. Galo Salazar Noboa en su tesis de posgrado, donde se obtuvo resultado de costos de operación vehicular a 15% mayores a los expuestos en su trabajo, esto se puede deber al tiempo de separación entre su publicación y la fecha de esta investigación.

Para correlacionar los métodos PCI e IRI se manejó la fórmula lineal propuesta en (Camacho, 2017) debido a la exactitud que tiene entre los valores del método PCI que son muy diversos, a diferencia de la fórmula exponencial que es más precisa para grupos de vías que tiene valores del método PCI muy cercanos entre sí, en la presente investigación se utilizó la fórmula lineal porque al realizar el estudio se obtuvo diversos estados de vías.

CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al estimar la relación entre el estado de la vía y el costo asumido por el usuario existe una relación inversamente proporcional al mejorar el estado de la vía (PCI) menor es el costo de operación de vehículos, pero no es una función lineal sino exponencial como se puede observar en el anexo 18 y producen valores de C.O.V. elevados para vías en mal estado.

Se determinó que las vías estudiadas poseen un alto volumen de tráfico correspondiente a una carretera tipo RII, las cuales tienen en promedio el 93.1% de vehículos de tipo liviano, 1.2% de vehículos de transporte público (buses) y el 5.7% de vehículos de transporte pesado con dos o más ejes de carga.

Al realizar la respectiva evaluación de pavimentos se verificó que existe una relación entre los métodos PSR y PCI, dándonos un valor de correlación lineal de 0.77 lo que muestra una relación lineal fuerte entre los resultados de los métodos. Sin embargo, estos valores pueden diferir dependiendo de otras variables que no han sido relacionadas o no se ha cuantificado su efecto.

Al contrastar las velocidades de operación de la Av. Bicentenario (vía en buen estado) con la Av. Monseñor Leónidas Proaño (vía en malas condiciones) existe una diferencia de 3 Km/h de velocidad de circulación recomendada para vehículos livianos que se traduce en un ahorro de 1 min 14 seg, para buses 1 min 22 seg y 3 min 58 seg para vehículos de carga pesada, estos valores al parecer son bajo pero al transitar por vías urbanas se debe tomar en cuenta paradas, giros, tránsito a baja velocidad, entre otros factores, es ahí donde estos valores adquiere mayor importancia. Como el indicador de ahorro de tiempo es difícil de calcular en costo económico debido a la variedad de uso de vehículos en actividades económicas solo se lo menciona su influencia.

En general las vías del cantón Riobamba según la opinión de los usuarios se encuentran en un estado regular, la cual refleja un mayor deterioro de los vehículos livianos de \$ 348,88 anualmente, que al sumarlos con los demás tipos de vehículos y multiplicándolos por un TPDA correspondiente a una vía tipo RII, se proporciona un ahorro anual de \$ 3 048 497,28

5.2 Recomendaciones

Al buscar la información referente al deterioro de vehículos solo se encontraron investigaciones realizadas en países norteamericanos y de modelos vehiculares del año 2012 en consecuencia los costos de operación de vehículos difieren entre vehículos más actuales (más eficientes y costosos en mantenimiento) y vehículos antiguos (menos eficientes y que requiere menores mantenimientos), para aumentar la precisión de los resultados se debería investigar el porcentaje de vehículos nuevos y antiguos que circulan en la ciudad y realizar investigaciones de costo de operación vehicular para los mismos.

Actualmente la demanda de vehículos particulares (vehículo liviano) se han vuelto más importantes debido a las restricciones de bioseguridad lo cual ha generado mayor congestión vehicular por lo que recomienda profundizar el tema de velocidad de circulación de vehículos con nuevas investigaciones.

Se recomienda realizar la evaluación de los pavimentos aplicando el método IRI para adaptar los coeficientes A y B para contar con mayor precisión en la relación con el estado de las vías y realizar una base de datos para llevar un registro histórico de cada vía que ayude a mejorar la gestión vial a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, L. J. C., & Calle, E. D. F. (2014). *Determinación del costo operativo para el transporte de pasajeros en el bus tipo, en el sector urbano de la ciudad de Cuenca, con base en el nuevo sistema integrado de transporte.*
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7127>
- Arroyo, O. J. A., Salido, R. A., & Vargas, G. T. (2012). *Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2012.* 368.
- Camacho, D. J. C. (2017). Estudio de correlación entre el pci y el iri para las vías arteriales de la ciudad de Bogotá. *Universidad de Los Andes.*
https://ejournal.unisba.ac.id/index.php/kajian_akuntansi/article/view/2615%0Ahttp://scholar.unand.ac.id/60566/
- Castillo, B. G. M., & Chacater, L. C. G. (2019). Evaluación de la variabilidad de resultados por la toma de datos en campo utilizados en métodos y modelos para el mantenimiento del pavimento. *Universidad Nacional De Chimborazo*, p.13.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Chiluisa, M. (2018). *Movilidad sustentable en el centro histórico de la ciudad de Latacunga.*
- Chiquito, P. (2014). *Estudios De Factibilidad Y Diseños Definitivos De La Via Laurel-Junquillal. Informe de,* 19. [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/estudio trafico.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/estudio%20trafico.pdf)
- CONGOPE. (2019). *Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Chimborazo.*
- GADM Riobamba. (2019a). *Plan de Movilidad del Cantón Riobamba Informe Fase I.*
<https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/category/1126-plan-de-movilidad-2020>
- GADM Riobamba. (2019b). *Plan de movilidad del cantón Riobamba informe fase II.*
- GADM Riobamba. (2020). *Plan de Movilidad 2020 - Municipio Riobamba.*
<http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/category/1126-plan-de->

movilidad-2020

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012). Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas Del Ecuador, Volumen 2A*, 1–382.
- Norma ASTM D6433. (2007). *Práctica estándar para las encuestas del índice de condición del pavimento de carreteras y estacionamientos*. <https://doi.org/10.1520/D6433-16.2>
- Orozco, A. I. R. (2019). *Calidad de servicio de las vías de segundo orden de la provincia de Chimborazo*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6347>
- Pallasco, C. J. L. (2018). *Evaluación Y Propuesta De Mantenimiento Del Pavimento Flexible De La Avenida Quevedo En Santo Domingo De Los Tsáchilas*. 294.
- Picado, M. G. (2016). Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre. *Infraestructura Vial*, 18, 30–38.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/27762>
- Pinto, L. A. R., & Torres, J. S. Q. (2013). Proyecto de aplicación en temáticas de ingeniería plan de mantenimiento para estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños en 5 vías de la ciudad de Villavicencio – meta. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23954/2020luispinto?sequence=12&isAllowed=y>
- Pozo, D. H. C. (2018). Evaluación funcional del pavimento flexible de la avenida principal ciudadela villa club desde la entrada km 12 av. León Febres cordero hasta la etapa boreal, cantón Daule, provincia del guayas. *Universidad De Guayaquil*, 2018.
- Pradena, M. (2006). Análisis de regularidad superficial en caminos pavimentados. *Revista de La Construcción*, 5(2), 16–22.
- Rodríguez, A., & Saldaña, C. (2019). Calidad de servicio de las vías de segundo orden de la

provincia de Chimborazo. In *Tesis Pregrado*.

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6347>

Rodríguez, E. D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av.

Luis Montero, distrito de Castilla. *Universidad de Piura*, 1–167.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf

Rojas, L. A. P., & Quintín, J. S. T. (2013). Proyecto de aplicación en temáticas de ingeniería

plan de mantenimiento para estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños en 5 vías de la ciudad de Villavicencio – meta. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23954/2020luispinto?sequence=12&isAllowed=y>

Sachún, Q. J. E. N. (2016). estudio del índice de rugosidad internacional de la panamericana

norte - zona trujillo, para su mantenimiento. *Universidad Privada Antenor Orrego*.

http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO_MICROBIANO.pdf

Salazar, N. G. (2008). *Sistema institucional de gestión de las carreteras de segundo orden del*

ecuador, para disminuir costos de mantenimiento vial y de operación de vehículos.

Soto, J. C. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario,

neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico. Revista de Economía Regional y*

Sectorial, 7(1), 127–149.

Tingal, L. H. (2021). Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del

pavimento flexible de la vía Cajamarca – baños del inca, utilizando el rugosímetro de

Merlín. *Universidad Nacional De Cajamarca*, 174.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/493>

ANEXOS

Anexo 1 Evidencia fotográfica del flujo vehicular para determinar el TPDA de las vías en estudio.



Foto 1 Flujo vehicular de la Av. Bicentenario



Foto 2 Flujo vehicular de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga



Foto 3 Flujo vehicular de la Av. Atahualpa



Foto 4 Flujo vehicular de la Vía Chambo



Foto 5 Flujo vehicular de la Av. 11 de Noviembre



Foto 6 Flujo vehicular de la Av. Monseñor Leónidas Proaño

Anexo 2 Volumen de tránsito promedio diario anual (TPDA) de la Av. Bicentenario.

Estaciones	Tipo de vehículo	1/9/2021	2/9/2021	3/9/2021	4/9/2021	5/9/2021	6/9/2021	7/9/2021	Total
E1	Liviano	16368	20608	21515	23003	10195	25555	17660	19272
	Bus	42	37	28	47	31	134	70	55
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	648	343	750	236	493	1111	923	643
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	41	27	8	35	31	44	31	30
	Total	17099	21017	22302	23322	10751	26844	18684	20002
E2	Liviano	20629	19996	19722	15818	6281	11240	20599	16326
	Bus	83	57	49	36	4	53	84	52
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	1225	1033	1193	729	729	480	1281	952
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	61	53	28	28	5	35	34	34
	Total	21998	21139	20993	16612	7019	11807	21998	17364
E3	Liviano	17419	18648	18341	15957	5366	11609	21034	15481
	Bus	38	21	26	18	4	16	22	20
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	776	534	884	652	652	516	874	698
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	50	104	42	40	9	35	48	47
	Total	18282	19307	19293	16668	6031	12175	21978	16247

$$TPDA = T_a * F_h * F_d * F_s * F_m$$

T_a : Trafico aforado

F_h : Factor de ajuste horario

F_d : Factor de ajuste diario

F_s : Factor de ajuste semanal

F_m : Factor de ajuste mensual

TPDA Veh Liviano	17026
TPDA Bus	44
TPDA Veh. Pesados	801
TPDA TOTAL	17908

Anexo 3 Cuadro de resumen de volumen de tránsito promedio diario anual (TPDA) de las vías en estudio.

Vía	Tipos de vehículos	E1	E2	E3	Total	TPDA Final
Av. Bicentenario	Liviano	19272	16326	15481	51079	17026
	Bus	55	52	20	127	44
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	643	952	698	2293	764
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	30	34	47	111	37
	Total	20002	17366	16247	53615	17872
		TPDA Veh. Liviano			17026	95,27%
		TPDA Bus			44	0,25%
	TPDA Veh. Pesados			801	4,48%	
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	Liviano	8217	1802	4020	13039	4346
	Bus	23	11	28	62	22
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	613	183	394	1190	397
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	18	13	16	47	16
	Total	8873	2010	4459	14342	4781
		TPDA Veh. Liviano			4346	90,91%
		TPDA Bus			22	0,46%
	TPDA Veh. Pesados			412	8,63%	
Av. Atahualpa	Liviano	14554	4819		19373	9687
	Bus	191	146		337	170
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	200	64		264	132
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	16	26		42	21
	Total	14962	5056		20018	10009
		TPDA Veh. Liviano			9687	96,78%
		TPDA Bus			170	1,70%
	TPDA Veh. Pesados			153	1,53%	
Vía a Chambo	Liviano	8494			8494	8494
	Bus	244			244	244
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	836			836	836
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	3			3	3
	Total	9578			9578	9578
		TPDA Veh. Liviano			8494,00	88,68%
		TPDA Bus			22	0,46%
	TPDA Veh. Pesados			412	8,63%	

Av. 11 de Noviembre	Liviano	17140	17644	17575	52359	17453
	Bus	282	93	169	544	183
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	548	508	505	1561	520
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	57	28	118	203	68
	Total	18029	18274	18370	54673	18224
		TPDA Veh. Liviano			17453	95,77%
		TPDA Bus			183	1,00%
Av. Monseñor Leónidas Proaño	Liviano	11738	12603	11397	35738	11913
	Bus	227	139	144	510	171
	Camiones unitarios (C2,C3,C4)	989	807	947	2743	914
	Camiones acoplados (T2S2, T2S3, T3S2, C2R3, C3R2, C3R3)	90	51	47	188	63
	Total	13046	13601	12536	39183	13061
		TPDA Veh. Liviano			11913	91,21%
		TPDA Bus			171	1,31%
	TPDA Veh. Pesados			977	7,48%	

Anexo 4 Evidencia fotográfica de la toma de datos para determinar el PSR

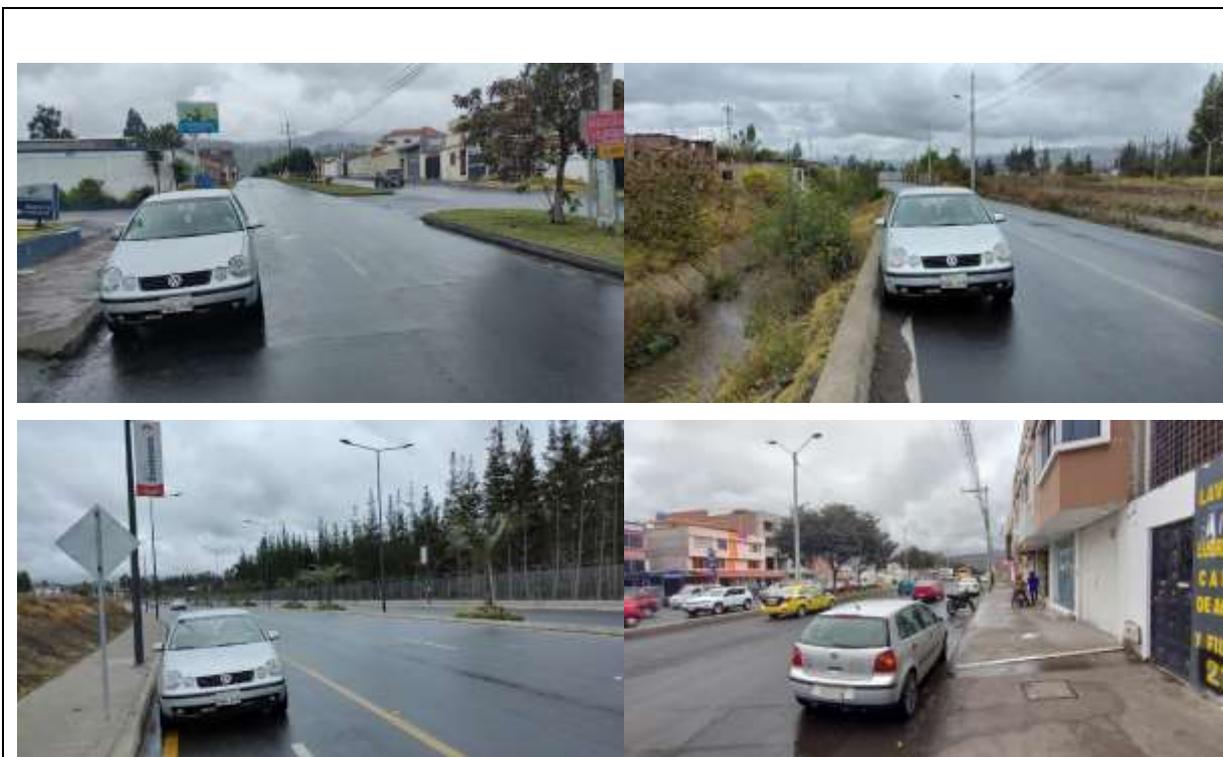


Foto 7 Vehículo utilizado para la recolección de datos de las vías en estudio.

Anexo 5 Hoja de campo del diagnóstico vial (PSR) de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga.

Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil					
Diagnóstico vial - Clasificación de serviciabilidad presente (PSR)					
	¿Aceptable? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sin decisión <input type="checkbox"/>	5 4 3 2 1			
Id. Tramo	Av. Capitán Edmundo Chiriboga	Evaluado por:	Stalin Barrionuevo	Calificación:	4,1 VW
Fecha:	11/9/2021	Hora:	11:44 a. m.	Vehículo	Polo
	¿Aceptable? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sin decisión <input type="checkbox"/>	5 4 3 2 1			
Id. Tramo	Av. Capitán Edmundo Chiriboga	Evaluado por:	Luishi Gallardo	Calificación:	4 VW
Fecha:	11/9/2021	Hora:	11:45 a. m.	Vehículo	Polo
	¿Aceptable? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sin decisión <input type="checkbox"/>	5 4 3 2 1			
Id. Tramo	Av. Capitán Edmundo Chiriboga	Evaluado por:	Vannessa Colcha	Calificación:	4 VW
Fecha:	11/9/2021	Hora:	11:44 a. m.	Vehículo	Polo

<p>¿Aceptable?</p> <p>Si <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>Sin decisión <input type="checkbox"/></p>		<p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p>		<p>Muy bueno</p> <p>Bueno</p> <p>Regular</p> <p>Malo</p> <p>Muy malo</p>
Id.	Av. Capitán Edmundo	Evaluado por:	Elvis Huaraca	Calificación: 4
Tramo	Chiriboga			VW
Fecha:	11/9/2021	Hora:	11:45 a. m.	Vehículo Polo

<p>¿Aceptable?</p> <p>Si <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>Sin decisión <input type="checkbox"/></p>		<p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p>		<p>Muy bueno</p> <p>Bueno</p> <p>Regular</p> <p>Malo</p> <p>Muy malo</p>
Id.	Av. Capitán Edmundo	Evaluado por:	Carlos Parra	Calificación: 4,5
Tramo	Chiriboga			VW
Fecha:	11/9/2021	Hora:	11:45 a. m.	Vehículo Polo

Anexo 6 Cuadro de resumen de la clasificación de serviciabilidad presente (PSR) de las vías en estudio.

Vía	IPSR según evaluadores					PSR	Calificación
	1	2	3	4	5		
Av. Bicentenario	5	5	5	5	5	5.00	Muy bueno
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	4.1	4	4	4	4.5	4.12	Muy bueno
Av. Atahualpa	4	4	3.5	4	3.5	3.80	Bueno
Vía Chambo	4.3	4	4	4	4	4.06	Muy bueno
Av. 11 de Noviembre	3	2.5	3	3	2.5	2.80	Regular
Av. Monseñor Leónidas Proaño	2	2.5	2	1.5	2	2.00	Malo

Anexo 7 Evidencia fotográfica de la medición de las fallas de acuerdo a la cantidad y severidad de las vías en estudio.



Foto 8 Medición de las fallas de la Av. Bicentenario



Foto 9 Medición de las fallas de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga



Foto 10 Medición de las fallas de la Av. Atahualpa



Foto 11 Medición de las fallas de la Vía Chambo



Foto 12 Medición de las fallas de la Av. 11 de Noviembre



Foto 13 Medición de las fallas de la Av. Monseñor Leónidas Proaño

Anexo 8 Hoja de campo para determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Atahualpa.

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil					
Hoja de campo para el índice de condición del pavimento (PCI)					
Nombre de la vía:	Av. Atahualpa	Abscisa Inicial:	0+080		
Tipo de superficie:	Asfalto	Abscisa final:	0+100		
Evaluado por:	Stalin Barrionuevo	Unidad de muestra:	5		
Fecha:	29/9/2021	Área de la muestra:	225 m ²		
Tipos de fallas pavimento flexible					
01. Piel de cocodrilo		m ²	11. Parches y parches de cortes utilitarios		
02. Exudación		m ²	12. Agregados pulidos		
03. En bloque		m ²	13. Baches (huecos)		
04. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruces de vía férrea		
05. Corrugación		m ²	15. Ahuellamiento		
06. Depresión		m	16. Grietas de deslizamiento		
07. De borde		m	17. Parabólica		
08. Reflexión de Junta		m	18. Hinchamiento		
09. Desnivel calzada-berma		m	19. Disgregación y desintegración		
10. Longitudinales y transversales	X	m			
FALLAS EXISTENTES			Esquema:		
Falla	Unidad	Severidad	Dimensiones		Área /longitud
			L1	L2	
10. Longitudinales y transversales	m	M			21,90

Anexo 9 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Bicentenario.

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil 						
Índice de condición del pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:		Av. Bicentenario				
Tipo de superficie:		Pavimento flexible				
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo				
Fecha:		02/10/2021				
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible						
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado	
12	0+220	0+240	Sin Fallas	100	Excelente	
27	0+520	0+540	Sin Fallas	100	Excelente	
42	0+820	0+840	Sin Fallas	100	Excelente	
57	1+120	1+140	Sin Fallas	100	Excelente	
72	1+420	1+440	Sin Fallas	100	Excelente	
87	1+720	1+740	Sin Fallas	100	Excelente	
La Av. Bicentenario tiene un PCI promedio de: 100 equivalente a una vía en estado Excelente						

Anexo 10 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Capitán Edmundo Chiriboga.

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil 						
Índice de condición del pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:		Av. Capitán Edmundo Chiriboga.				
Tipo de superficie:		Pavimento flexible				
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo				
Fecha:		02/10/2021				
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible						
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado	
4	0+060	0+080	04. Abultamientos y hundimientos	76		

					Muy Bueno	
8	0+140	0+160	19. Disgregación y desintegración	86	Excelente	
12	0+220	0+240	10. Longitudinales y transversales 19. Disgregación y desintegración	86	Excelente	
16	0+300	0+320	Sin Fallas	100	Excelente	
20	0+380	0+400	04. Abultamientos y hundimientos	86	Excelente	
24	0+460	0+480	10. Longitudinales y transversales	83	Muy Bueno	
28	0+540	0+560	Sin Fallas	100	Excelente	
32	0+620	0+640	Sin Fallas	100	Excelente	
36	0+700	0+720	10. Longitudinales y transversales	86	Excelente	
40	0+780	0+800	10. Longitudinales y transversales 11. Parches y parches de cortes utilitarios	74	Muy Bueno	
44	0+860	0+880	10. Longitudinales y transversales 19. Disgregación y desintegración	77	Muy Bueno	
47	0+920	0+940	01. Piel de cocodrilo 10. Longitudinales y transversales	72	Muy Bueno	
51	1+000	1+020	10. Longitudinales y transversales 19. Disgregación y desintegración	77	Muy Bueno	
55	1+080	1+100	19. Disgregación y desintegración	57	Bueno	
59	1+160	1+180	10. Longitudinales y transversales 13. Baches (huecos)	77	Muy Bueno	
63	1+240	1+260	10. Longitudinales y transversales	86	Excelente	
67	1+320	1+340	10. Longitudinales y transversales 10. Longitudinales y transversales	83	Muy Bueno	
71	1+400	1+420	19. Disgregación y desintegración 19. Disgregación y desintegración	86	Excelente	
75	1+480	1+500	07. De borde 19. Disgregación y desintegración	81	Muy Bueno	
78	1+540	1+560	07. De borde 07. De borde	44	Regular	
79	1+560	1+580	07. De borde 07. De borde	50	Regular	
83	1+640	1+660	07. De borde 07. De borde	23	Muy Malo	

87	1+720	1+740	01. Piel de cocodrilo 01. Piel de cocodrilo	39	Malo	
91	1+800	1+820	07. De borde	83	Muy Bueno	
95	1+880	1+900	07. De borde	83	Muy Bueno	
99	1+960	1+980	07. De borde 11. Parches y parches de cortes utilitarios	76	Muy Bueno	
103	2+040	2+060	Sin Fallas	100	Excelente	
107	2+120	2+140	Sin Fallas	100	Excelente	
111	2+200	2+220	Sin Fallas	100	Excelente	
115	2+280	2+300	Sin Fallas	100	Excelente	
119	2+360	2+380	Sin Fallas	100	Excelente	

La Av. Capitán Edmundo Chiriboga tiene un PCI promedio de: **80** equivalente a una vía en estado **Muy Bueno**

Anexo 11 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Atahualpa

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil 						
Índice de condición del pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:		Av. Atahualpa				
Tipo de superficie:		Pavimento flexible				
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo				
Fecha:		02/10/2021				
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible						
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado	
5	0+080	0+100	10. Longitudinales y transversales	78	Muy Bueno	
10	0+180	0+200	10. Longitudinales y transversales	82	Muy Bueno	
15	0+280	0+300	10. Longitudinales y transversales	85	Excelente	
15	0+280	0+300	10. Longitudinales y transversales	85	Excelente	

20	0+380	0+400	10. Longitudinales y transversales	75	Muy Bueno	
			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
25	0+480	0+500	10. Longitudinales y transversales	65	Bueno	
			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
30	0+580	0+600	10. Longitudinales y transversales	83	Muy Bueno	
35	0+680	0+700	10. Longitudinales y transversales	84	Muy Bueno	
40	0+780	0+800	10. Longitudinales y transversales	82	Muy Bueno	
			10. Longitudinales y transversales			
45	0+880	0+900	11. Parches y parches de cortes utilitarios	81	Muy Bueno	
50	0+980	1+000	01. Piel de cocodrilo	59	Bueno	
			10. Longitudinales y transversales			
55	1+080	1+100	10. Longitudinales y transversales	55	Bueno	
			10. Longitudinales y transversales			
60	1+180	1+200	01. Piel de cocodrilo	45	Regular	
			10. Longitudinales y transversales			
65	1+280	1+300	01. Piel de cocodrilo	51	Regular	
			07. De borde			
70	1+380	1+400	10. Longitudinales y transversales	71	Muy Bueno	
			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
75	1+480	1+500	10. Longitudinales y transversales	71	Muy Bueno	
			10. Piel de cocodrilo			
80	1+580	1+600	07. De borde	79	Muy Bueno	
			10. Longitudinales y transversales			
85	1+680	1+700	07. De borde	75	Muy Bueno	
			07. De borde			
90	1+780	1+800	07. De borde	80	Muy Bueno	
95	1+880	1+900	10. Longitudinales y transversales	74	Muy Bueno	
			10. Longitudinales y transversales			
100	1+980	2+000	10. Longitudinales y transversales	92	Excelente	

La Av. Atahualpa tiene un PCI promedio de: **73** equivalentes a una vía en estado **Muy bueno**.

Anexo 12 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Vía Chambo.

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil 					
Índice de condición del pavimento (PCI)					
Nombre de la vía:		Vía Chambo			
Tipo de superficie:		Pavimento flexible			
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo			
Fecha:		02/10/2021			
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible					
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado
4	0+060	0+080	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	31	Malo
8	0+140	0+160	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	54	Regular
12	0+220	0+240	07. De borde 10. Longitudinales y transversales	63	Bueno
16	0+300	0+320	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	63	Bueno
20	0+380	0+400	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	66	Bueno
24	0+460	0+480	01. Piel de cocodrilo 03. En bloque	63	Bueno
28	0+540	0+560	07. De borde 10. Longitudinales y transversales	74	Muy Bueno
32	0+620	0+640	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	47	Regular
36	0+700	0+720	07. De borde 10. Longitudinales y transversales	74	Muy Bueno
40	0+780	0+800	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	56	Bueno
44	0+860	0+880	01. Piel de cocodrilo 03. En bloque	43	Regular
48	0+940	0+960	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	66	Bueno
52	1+020	1+040	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	53	Regular
56	1+100	1+120	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	44	Regular
60	1+180	1+200	01. Piel de cocodrilo 07. De borde	40	Regular

64	1+260	1+280	01. Piel de cocodrilo	28	Malo	
			07. De borde			
68	1+340	1+360	01. Piel de cocodrilo	26	Malo	
			07. De borde			
72	1+420	1+440	01. Piel de cocodrilo	32	Malo	
			07. De borde			
La Vía Chambo tiene un PCI promedio de: 53 equivalentes a una vía en estado Regular .						

Anexo 13 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. 11 de Noviembre.

 Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil 						
Índice de condición del pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:		Av. 11 de Noviembre				
Tipo de superficie:		Pavimento flexible				
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo				
Fecha:		02/10/2021				
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible						
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado	
6	0+100	0+120	01. Piel de cocodrilo	45	Regular	
			03. En bloque			
13	0+240	0+260	01. Piel de cocodrilo	42	Regular	
			03. En bloque			
19	0+360	0+380	01. Piel de cocodrilo	33	Malo	
			03. En bloque			
25	0+480	0+500	01. Piel de cocodrilo	37	Malo	
			03. En bloque			
31	0+600	0+620	01. Piel de cocodrilo	36	Malo	
			03. En bloque			
37	0+720	0+740	01. Piel de cocodrilo	18	Muy Malo	
			01. Piel de cocodrilo			
43	0+840	0+860	01. Piel de cocodrilo	37	Malo	
			03. En bloque			
49	0+960	0+980	01. Piel de cocodrilo	35	Malo	
			03. En bloque			
55	1+080	1+100	01. Piel de cocodrilo	43	Regular	
			03. En bloque			
61	1+200	1+220	01. Piel de cocodrilo	38	Malo	

			03. En bloque			
67	1+320	1+340	01. Piel de cocodrilo	34	Malo	
			01. Piel de cocodrilo			
73	1+440	1+460	01. Piel de cocodrilo	35	Malo	
			03. En bloque			
79	1+560	1+580	01. Piel de cocodrilo	48	Regular	
			03. En bloque			
85	1+680	1+700	03. En bloque	49	Regular	
			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
91	1+800	1+820	03. En bloque	48	Regular	
			11. Parches y parches de cortes utilitarios			
			03. En bloque			
La Av. 11 de Noviembre tiene un PCI promedio de: 39 equivalente a una vía en estado Malo						

Anexo 14 Índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Monseñor Leónidas Proaño.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>Universidad Nacional de Chimborazo</p> <p>Facultad de Ingeniería</p> <p>Escuela de Ingeniería Civil</p> </div>  </div>						
Índice de condición del pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:		Av. Monseñor Leónidas Proaño				
Tipo de superficie:		Pavimento flexible				
Evaluado por:		Stalin Barrionuevo				
Fecha:		02/10/2021				
Resultado de tipos de fallas en pavimento flexible						
Secciones	Abscisa Inicial:	Abscisa Final:	Falla representativas	PCI	Estado	
1	0+000	0+020	01. Piel de cocodrilo	43	Regular	
			03. En bloque			
5	0+080	0+100	01. Piel de cocodrilo	13	Muy Malo	
			03. En bloque			
9	0+160	0+180	01. Piel de cocodrilo	51	Regular	
			07. De borde			
13	0+240	0+260	07. De borde	41	Regular	
			07. De borde			
17	0+320	0+340	01. Piel de cocodrilo	26	Malo	
			07. De borde			
21	0+400	0+420	01. Piel de cocodrilo	37	Malo	
			01. Piel de cocodrilo			

25	0+480	0+500	01. Piel de cocodrilo	31	Malo	
			07. De borde			
29	0+560	0+580	01. Piel de cocodrilo	31	Malo	
			07. De borde			
33	0+640	0+660	04. Abultamientos y hundimientos	40	Regular	
			07. De borde			
37	0+720	0+740	07. De borde	49	Regular	
			10. Longitudinales y transversales			
41	0+800	0+820	01. Piel de cocodrilo	24	Muy Malo	
			01. Piel de cocodrilo			
La Av. Monseñor Leónidas Proaño tiene un PCI promedio de: 35 equivalente a una vía en estado Malo						

Anexo 15 Correlación de la Clasificación de serviciabilidad presente (PSR) con del Índice de condición del pavimento (PCI).

Nombre de la Vía	X (Valor del PSR)	Y (Valor del PCI)	(X-X _{prom})	(Y-X _{prom})	(X-X _{prom}) * (Y-X _{prom})
Av. Bicentenario	5.00	100	1.49	36.5	54.385
Av. Capitán Edmundo Chiriboga	4.12	76	0.61	12.5	7.625
Av. Atahualpa	3.80	78	0.29	14.5	4.205
Vía a Chambo	4.06	53	0.55	-10.5	-5.775
Av. 11 de Noviembre	2.08	39	-1.43	-24.5	35.035
Av. Monseñor Leónidas Proaño	2.00	35	-1.51	-28.5	43.035
Promedio	3.51	63.5	Total		138.51
Desviación estándar X	1.309		Covarianza		27.702
Desviación estándar Y	27.541		Valor de la relación		0.76822314

Anexo 16 Indicador de la regularidad superficial (IRI) en función del Índice de condición del pavimento (PCI).

Nombre de la vía	PCI	$PCI = A * (IRI_{Asf}) + B$ IRI _{Asf} (in/mi)	IRI m/Km
Av. Bicentenario	100	89.37	1.4
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76	196.51	3.1
Av. Atahualpa	73	209.91	3.3
Vía a Chambo	53	299.19	4.7
Av. 11 de Noviembre	39	361.69	5.7
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35	379.55	6.0

Anexo 17 Formato de Encuesta aplicada a usuarios de la ciudad de Riobamba.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

El presente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación el cual se encuentra en proceso, el mismo que tiene como objetivo estimar la relación entre el estado de la vía con el costo asumido por el usuario.

Se ruega de la manera más comedida que responda a las preguntas con la mayor sinceridad posible.

Enlace de la encuesta virtual:

1. ¿Qué tipo de vehículo ha recorrido por las calles de Riobamba?

- Liviano (vehículos particulares, camionetas livianas, 2 toneladas máximo).
 Buses de dos ejes.
 Vehículos de carga pesada (dos o más ejes de carga más un eje direccional) con o sin acoplamientos.

2. ¿Cuál considera usted que es el estado en general de las vías en la ciudad de Riobamba, donde 1 es Muy malo y 5 es Muy bueno?

- 5 Muy bueno
 4 Bueno
 3 Regular
 2 Malo
 1 Muy malo

3. ¿Cuál es la distancia promedio que se moviliza a diario en Riobamba?

- 50km a 70km
 30km a 50km
 15km a 30km
 0km a 15km

4. Considera usted. ¿Qué el estado de la vía contribuye al deterioro prematuro de su vehículo e incrementa su costo de mantenimiento?

- Si
 No

5. **¿Cuánto ha invertido en el último año en el mantenimiento en general de su vehículo (lubricantes, filtros, ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto eléctrico)?**

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 0 – 49.99 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 50.00 – 125.00 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 126.00 – 250.00 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 251.00 dólares – Más |

6. **¿Cuál es el monto promedio que invierte en combustible en un mes para movilizarse?**

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> | 0 – 50 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 50 – 100 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 100 – 200 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 200 - o más dólares |

7. **¿Cada que tiempo realiza el cambio de neumático?**

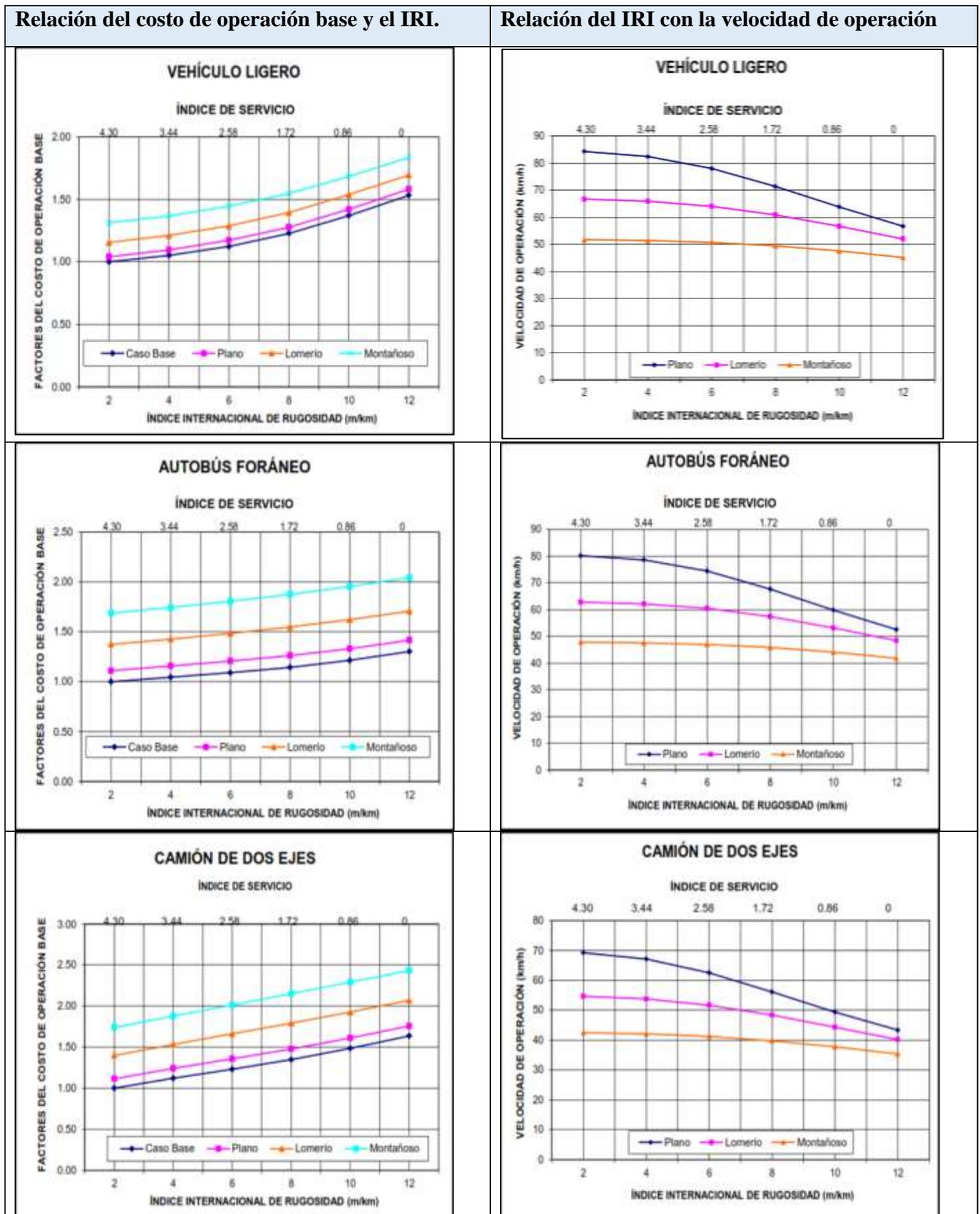
- | | |
|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | 0 – 6 meses |
| <input type="checkbox"/> | 7 meses – 1 año |
| <input type="checkbox"/> | 1 año – 2 años |
| <input type="checkbox"/> | 2 años – 4 años |

8. **¿Cuál es el costo que usted paga por el cambio de neumáticos?**

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 0 – 49.99 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 50.00 – 125.00 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 126.00 – 250.00 dólares |
| <input type="checkbox"/> | 251.00 dólares – Más |

Gracias por su colaboración

Anexo 18 Relación del IRI con el costo de operación y con la velocidad de operación.



Anexo 19 Costos de operación de los tipos de vehículos en las diferentes vías estudiadas.

Nombre de la vía	Estado de la Vía (PCI)	Tipo de vehículo	Porcentaje de vehículos por vía (%)	Recorrido promedio de vehículos(Km)	Costo de mantenimiento (dólares)	Consumo de combustible (dólares)	Periodo de cambio de neumáticos (años)	Costo de cambio de neumáticos promedio(dólares)	Factor de costo de operación base	Llantas (dólares)	Combustible (dólares)	Mantenimientos Generales (dólares)	C.O.V. por vehículo anual (dólares/año)	C.O.V. por vehículo por km (dólares/km)	TPDA	Costo de operación vehicular (dólares/año)	Costo de operación vial (dólares/año)	Velocidad recomendada máxima (km/h)	Tiempo de movilización (min)	
Av. Bicentenario	100	Veh. Livianos	95,3	29,4	338	125	1,9	440	1,16	1074,5	1740,0	392,1	3990,8	0,3719	17027	2311203,57	2419534	67	26	
		Buses	0,2	28,8	190	80	2,3	529	1,38	1904,4	1324,8	262,2	4015,8	0,3820	44			6135,36	63	27
		Veh. Pesados	4,5	46,3	345	132	1,4	373	1,4	2238,0	2217,6	483,0	5904,6	0,3494	801			102195,27	55	51
Av. Cap. Edmundo Chiriboga	76	Veh. Livianos	90,9	29,4	338	125	1,9	440	1,19	1102,3	1785,0	402,2	4094,0	0,3815	8067	1123318,70	1231572	66	27	
		Buses	0,5	28,8	190	80	2,3	529	1,4	1932,0	1344,0	266,0	4074,0	0,3876	41			5776,08	62	28
		Veh. Pesados	8,6	46,3	345	132	1,4	373	1,47	2349,9	2328,5	507,2	6199,8	0,3669	765			102477,67	54	51
Av. Atahualpa	73	Veh. Livianos	96,8	29,4	338	125	1,9	440	1,19	1102,3	1785,0	402,2	4094,0	0,3815	9687	1348988,39	1393839	66	27	
		Buses	1,7	28,8	190	80	2,3	529	1,41	1945,8	1353,6	267,9	4103,1	0,3903	170			24222,11	62	28

		Veh. Pesados	1,5	46,3	345	132	1,4	373	1,48	2365,9	2344,3	510,6	6242,0	0,3694	153	20628,99		54	51
Vía a Chambo	53	Veh. Livianos	88,7	29,4	338	125	1,9	440	1,24	1148,6	1860,0	419,1	4266,0	0,3975	8494	1232494,30	1389143	65	27
		Buses	2,6	28,8	190	80	2,3	529	1,45	2001,0	1392,0	275,5	4219,5	0,4014	245	35895,05		61	28
		Veh. Pesados	8,8	46,3	345	132	1,4	373	1,58	2525,8	2502,7	545,1	6663,8	0,3943	839	120753,72		53	52
de Av. 11 Noviembre	39	Veh. Livianos	95,8	29,4	338	125	1,9	440	1,28	1185,7	1920,0	432,6	4403,6	0,4104	17453	2614105,39	2729311	64	28
		Buses	1,0	28,8	190	80	2,3	529	1,48	2042,4	1420,8	281,2	4306,8	0,4097	183	27365,62		61	28
		Veh. Pesados	3,2	46,3	345	132	1,4	373	1,64	2621,7	2597,8	565,8	6916,8	0,4093	588	87840,48		52	53
Av. Monseñor Leónidas Proaño	35	Veh. Livianos	91,2	29,4	338	125	1,9	440	1,29	1194,9	1935,0	436,0	4438,0	0,4136	11913	1798248,38	1972445	64	28
		Buses	1,3	28,8	190	80	2,3	529	1,48	2042,4	1420,8	281,2	4306,8	0,4097	171	25571,63		60	29
		Veh. Pesados	7,5	46,3	345	132	1,4	373	1,67	2669,6	2645,28	576,1	7043,3	0,4168	977	148625,21		51	54