

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DE TRÁFICO PARA SU MEJORAMIENTO DE LA
CARRETERA YURA – PEAJE PATAHUASI, PARTE DE LA RUTA
NACIONAL PE – 34A, AREQUIPA”**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. ALBITRES SALINAS, JOHE ALEXANDER

Asesor:

Ing. MARTINEZ CHAFALOTE, ULISES

CIP: 158626

HUACHO – PERÚ

2019

TRIBUNAL DE EVALUACION DE LA TESIS

**Ing. DE LOS SANTOS GARCIA JUAN CARLOS
PRESIDENTE DEL JURADO**

**Ing. LAOS BERNAL ALDO FELIPE
SECRETARIO DEL JURADO**

**Ing. DE LA CRUZ VEGA ARTURO
VOCAL DEL JURADO**

ASESOR DE TESIS

**Ing. MARTINEZ CHAFALOTE ULISES
ASESOR DE TESIS**

ÍNDICE

	Pág.
CAP. I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	01
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	01
1.2.1 Problema general	01
1.2.2 Problemas específicos	02
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	02
1.3.1 Objetivo general	02
1.3.2 Objetivos específicos	02
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	03
1.5 DELIMITACIÓN	03
1.5.1 Delimitación geográfica	03
1.5.2 Delimitación temporal	03
1.5.3 Delimitación de recursos	04
1.5.4 Delimitación del periodo de estudio	04
1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO	04
CAP. II: MARCO TEÓRICO	05
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	05
2.1.1 Internacionales	05
2.1.2 Nacionales	06
2.2 BASES TEORICAS	07
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES	47
2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	49
2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	49
CAP. III: METODOLOGÍA	50
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO	50
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1 Población	50
3.2.2 Muestra	50
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	51
CAP. IV: RESULTADOS	52
4.1 RESULTADOS	52

CAP. V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1 Conclusiones	107
5.2 Recomendaciones	109
CAP. VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	110
6.1 Fuentes bibliográficas	110
ANEXOS	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nivel de servicio A	12
Figura 2 Nivel de servicio B	12
Figura 3 Nivel de servicio C	13
Figura 4 Nivel de servicio D	13
Figura 5 Nivel de Servicio E	14
Figura 6 Nivel de Servicio F	14
<i>Figura 7 Entrada a Yura</i>	16
<i>Figura 8 Pesaje de Patahuasi</i>	16
Figura 9 Localización de las estaciones de conteo, pesaje, encuesta y velocidad	23
Figura 10: Medición de la Presión de Inflado del neumático (llanta) para un camión de 2 ejes.	33
Figura 11: Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión del neumático (llantas)	34
<i>Figura 12: Variación horaria según tramo 1</i>	55
Figura 13 : Participación del IMDA por vehículo - Tramo 1	56
<i>Figura 14 Flujo de vehículos por día de la semana - Tramo 1</i>	56
Figura 15 Curvas de velocidad promedio de viaje.	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes)	18
Tabla 2 : TPDA por clasificación vehicular - Tramo 1.	54
Tabla 3: TPDA - Tramo1: Yura - Peaje Patahuasi (flujo de ambos sentidos)	57
Tabla 4 TPDA curva horaria - Tramo 1: Yura - Peaje Patahuasi (flujo de ambos sentidos)	58
Tabla 5: Análisis de tráfico por cada estudio realizado	59
Tabla 6: Nivel de ocupación por tipo de vehículos.	60
Tabla 7: Edad del parque automotor	61
Tabla 8: Estado de la carga transportada	62
Tabla 9: Productos de mayor comercialización	65
Tabla 10: Matriz de viajes del transporte de pasajeros (flujos de vehículos)	67
Tabla 11: Matriz del transporte de carga (flujos de vehículos).	68
Tabla 12: Tasas de crecimiento del PBI regional.	70
Tabla 13: Tasas de crecimiento de la población regional	71
Tabla 14: Tablas de crecimiento del PBI per cápita por región.	72

Tabla 15: Tasas y factores de crecimiento de variables socio - económicas por regiones relacionadas con el tráfico.	73
Tabla 16: Elasticidad por tipo de vehículo 2013 - 2023.	73
Tabla 17: Tasas de generación de viajes por regiones y tipos de vehículos.	74
Tabla 18: Tasa de crecimiento del tráfico por tipo de vehículo.	76
Tabla 19: Tasa de crecimiento del tráfico por tipo de vehículo y tramo.	77
Tabla 20: Proyección del tráfico normal.	78
Tabla 21: Cálculo del Factor de Eje Equivalente de Carga (EE) por tipo de vehículo – pavimento flexible, MTC (2014)	81
Tabla 22: Cálculo del factor de eje equivalente de carga (EE) por tipo de vehículo - pavimento rígido, MTC (2014)	84
Tabla 23: Cálculo de factores equivalentes de carga (18 Kips) de acuerdo al tipo de vehículo - Método AASHTO 1993.	87
Tabla 24: Cálculo de factores equivalentes de carga (18 Kips) de acuerdo al tipo de Vehículo - Método AASHTO 1993.	90
Tabla 25: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma y método simplificados del MTC - Pavimento flexible	94
Tabla 26: Cálculo de los ejes equivalentes (ESAL) según censo y método simplificados del MTC - Pavimento flexible	95
Tabla 27: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma y método simplificados del MTC - Pavimento rígido.	96
Tabla 28: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según censo y método simplificado del MTC - Pavimento rígido	97
Tabla 29: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma del método AASHTO 1993 - Pavimento flexible.	98
Tabla 30: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma del método AASHTO 1993 - Pavimento rígido	99
Tabla 31: Factores de camión de acuerdo al tipo de pavimento y metodología	100
Tabla 32: Número de repeticiones de eje equivalente acumuladas - Tramo Yura - Patahuasi. 101	
Tabla 33: Cálculo del FEC causado por las actividades económicas.	102
Tabla 34: Velocidad promedio por tipo de vehículo.	104
Tabla 35: Resultados del análisis del nivel de servicio por tramos (asumiendo pendientes menores del 3% y extensión mayor a 3 km.)	105

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, determinar los resultados del estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A, y cuyos objetivos específicos son: Determinar los resultados del conteos vehiculares, analizar los resultados de la encuesta origen, evaluar los resultados del estudio de proyecciones del tráfico, evaluar los resultados del censo de carga, factores destructivos y de los ejes equivalentes y determinar los resultados de la velocidad para su mejoramiento de la carretera.

Se realizó una investigación descriptiva aplicada, diseño no experimental tipo longitudinal y enfoque cuantitativo. Los resultados principales fueron:

- El TPDA calculada por tramo Yura – Patahuasi se tuvo un flujo de 4,092 vehículos por día, compuesto por 49.5% vehículos ligeros y 50.5% vehículos pesados. Sobresale la presencia de los semi tráileres (3S3) para el transporte de carga con una circulación de 1,226 vehículos por día que representa el 30.0% del tráfico total.
- Respecto al conteo del año 2015, los flujos son similares a los conteos del año 2017.
- La característica de la mercancía o producto transportado está muy relacionada a la operación de las unidades mineras principalmente.
- El tráfico del transporte no motorizado no es muy significativo o muy exiguo.
- Las velocidades promedias de viaje calculadas está determinada por el tipo de topografía existente en la zona (accidentada y ondulada), características técnicas de la vía y la composición de la circulación por tipo de vehículo (presencia de tráileres y buses).
- Las proyecciones de tráfico (periodo 2017 - 2037) para el tramo en estudio nos entrega resultado al final de los 20 años que en el tramo Yura – Patahuasi van a superar los 8,360 vehículos por día. Este indicador es probable que sea mayor, en función a la demanda de tráfico representa una **AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE**. Son aquellas carreteras de una calzada de 2 carriles por sentido que soportan más de 6,000 vehículos/día.

Palabras clave: Estudio de tráfico, tráfico y Mejoramiento de carretera.

SUMMARY

The objective of the present investigation was to determine the results of the traffic study for the improvement of the Yura – Peaje Patahuasi road, part of the route National PE-34A, and their specific objectives are: Determine the results of the vehicle counting, analyze the results of the survey origin, evaluate the results of the study of traffic projections, evaluate the results of the census of load, destructives factors and the equivalent axes and determine the results of the speed for the improvement of the road.

- The TPDA calculated by the section Yura – Patahuasi had a flow of 4092 vehicles per day, composed of 49.5% light vehicles and 50.5% heavy vehicles. The presence of the semi-trailers (3S3) for the transport of load with a circulation of 1,226 vehicles per day, which represents the 30.0% of the total traffic.
- Respect to the count of the year 2015, the fluxes are similar to the counts of the year 2017
- The characteristic of the merchandise or the transported product is very related to the operation of the mining units mainly.
- The non-motorized transport traffic is not very significant or very limited.
- The calculated average travel speeds are determined by the type of topography existing in the area (rugged and wavy), technical characteristics of the road and the composition of the circulation by the type of vehicle (presence of trailers and buses).
- The traffic projections (period 2017 – 2037) for the length in study gives us the result at the end of the 20 years that in the Yura – Patahuasi section will exceed the 8,360 vehicles per day. This indicator is probably higher, in function to the traffic demand represents a **FIRST CLASS MOTORWAY**. They are those roads of a carriageway of 2 lanes per direction that supports more than 6,000 vehicles/day.

Key Words: Traffic study, traffic, improvement of the roads.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los accidentes de tránsito son uno de los principales problemas de salud pública en todo el mundo. Ante esta problemática, se ha ido desarrollando una tendencia de exigencia social de mejorar los niveles de seguridad vial.

El problema principal que se observa en la zona del proyecto es el inadecuado nivel de transitabilidad entre las comunidades de Yura y Peaje Patahuasi, Situación que origina incremento en los costos de producción, el tiempo en el traslado para llegar a los mercados de consumo, todo consecuentemente genera la presencia de acciones negativas por el mal estado del acceso a la vía y a la vez que el camino vecinal existente está en malas condiciones.

Por consiguiente, se planteó a investigar sobre el estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A de Arequipa, cuyo objetivo general es determinar los resultados del estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A, y cuyos objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar los resultados del conteos vehiculares para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A.
- Analizar los resultados de la encuesta origen - destino para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.
- Evaluar los resultados del estudio de proyecciones del tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.
- Evaluar los resultados del censo de carga, factores destructivos y de los ejes equivalentes para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.
- Determinar los resultados de la velocidad para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.
- Determinar los resultados de capacidad y niveles de servicio para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

Para un mejor entendimiento la presente investigación se encuentra estructurado en siete capítulos:

- **El Primer Capítulo:** Abarca la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación de la investigación, delimitaciones y viabilidad del estudio.
- **El Segundo Capítulo:** Trata acerca de todos los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, definiciones de términos básicos, formulación de hipótesis y operacionalización de variables.
- **El Tercer Capítulo:** Se detalla el diseño metodológico, la población y muestra, las técnicas de recolección de datos y técnicas para el procesamiento de la información.
- **El Cuarto Capítulo:** Se efectúa el análisis de los resultados obtenidos del procesamiento de la información mediante técnicas e instrumentos.
- **El Quinto Capítulo:** Se hace referencia sobre, las conclusiones y recomendaciones finales.
- **El Sexto Capítulo:** Se ubica las referencias bibliográficas.

Por tanto, este trabajo de investigación es de gran importancia, porque mediante los resultados obtenidos y las recomendaciones mencionadas, contribuye a mejorar la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad, los accidentes de tránsito son uno de los principales problemas de salud pública en todo el mundo. Ante esta problemática, se ha ido desarrollando una tendencia de exigencia social de mejorar los niveles de seguridad vial. Bajo este contexto, influyen diferentes factores tanto humanos como vehiculares y de infraestructura, en este último, se centrará este informe de investigación.

El problema principal que se observa en la zona del proyecto es el inadecuado nivel de transitabilidad entre las comunidades de Yura y Peaje Patahuasi, Situación que origina incremento en los costos de producción, el tiempo en el traslado para llegar a los mercados de consumo, todo consecuentemente genera la presencia de acciones negativas por el mal estado del acceso a la vía y a la vez que el camino vecinal existente está en malas condiciones.

El objetivo de los trabajos del Proyecto es mejorar la carretera con la finalidad de conectar adecuadamente a los pobladores de Yura y Peaje Patahuasi, mediante un adecuado diseño de la vía.

En consecuencia se ha considerado conveniente elaborar el presente proyecto, afín de obtener el mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34, es por ello la importancia de este trabajo de investigación.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los resultados del estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A, Arequipa ?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

P1: ¿Cuáles son los resultados del estudio de conteos vehiculares para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A?

P2: ¿Cuáles son los resultados del estudio de la encuesta origen - destino para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A?

P3: ¿Cuáles son los resultados del estudio de proyecciones del tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A?

P4: ¿Cuáles son los resultados del estudio del censo de carga, factores destructivos y de los ejes equivalentes para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A?

P5: ¿Cuáles son los resultados del estudio de la velocidad para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A?

P6: ¿Cuáles son los resultados del estudio de análisis de capacidad y niveles de servicio para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 Objetivo general

Determinar los resultados del estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A, Arequipa.

1.3.2 Objetivos específicos

O1: Determinar los resultados del conteos vehiculares para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE – 34A.

O2: Analizar los resultados de la encuesta origen - destino para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

O3: Evaluar los resultados del estudio de proyecciones del tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

O4: Evaluar los resultados del censo de carga, factores destructivos y de los ejes equivalentes para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

O5: Determinar los resultados de la velocidad para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

O6: Determinar los resultados de capacidad y niveles de servicio para su mejoramiento de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta Nacional PE –34A.

1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La realización del presente estudio de tráfico es de gran importancia, porque está orientado a proporcionar la información básica que determinarán la asignación del volumen, clasificación y composición vehicular que circulan en la actualidad por la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta nacional **PE-34A**; para su mejoramiento y rehabilitación, que servirá como flujo de ingreso a los pobladores de su área de influencia directa y la conectividad a la ciudad capital de la región de Arequipa.

Académicamente la presente investigación, nos permitirá aplicar los conocimientos obtenidos durante el transcurso de la etapa universitaria y por consecuencia el complementar los conocimientos en la ingeniería de tránsito, otorgando así la experiencia para posteriores investigaciones.

1.5. DELIMITACIONES DEL ESTUDIO

1.5.1 Delimitación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la zona de la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta nacional **PE-34A** de Arequipa.

1.5.2 Delimitación temporal

Los datos y conclusiones del presente trabajo de investigación corresponden exclusivamente al año 2017.

1.5.3 Delimitación de recursos

La presente investigación se limita por ser una investigación de estudio de tráfico y los objetivos trazados en la investigación generan gastos propios que serán asumidas por el investigador.

1.5.4 Delimitación del periodo de estudio

El periodo de estudio en el que se realizarán las investigaciones, visita a campo y otras actividades que sustentan la tesis fueron desarrolladas en el año 2017, entre los meses de enero a marzo.

1.6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación es viable porque dispone de los recursos financieros, humanos y materiales. En base a lo expuesto y análisis del requerimiento, la presente investigación será posible llevar a cabo, con el único fin del estudio de tráfico que proporcionaran la información básica que determinarán la asignación del volumen, clasificación y composición vehicular que circulan en la actualidad por la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta nacional **PE-34A**; para su mejoramiento.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

2.1.1 Investigaciones Internacionales

Palma (2003), en su Tesis de pregrado titulada “Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea las victorias y finca conchas, del municipio de villa canales”, realizada en la Universidad de San Carlos de Guatemala, tuvo como objetivo: Desarrollar el estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea Las Victorias y la finca Conchas del municipio de Villa Canales, Guatemala.

Entre sus conclusiones sobre el tema se señala:

La ampliación y mejoramiento del tramo carretero, solucionará en gran medida las carencias del transporte extraurbano y el acceso de vehículos, lo que conlleva realizar de mejor manera el proceso de desarrollo integral de las comunidades que se encuentran en el trayecto del tramo carretero.

Para la elaboración de este proyecto se tomó la opción del balasto por ser la más económica y que cubra las necesidades de la población.

El tipo de camino que más se adaptó a las condiciones del terreno fue el “G”, de acuerdo con las especificaciones de la Dirección General de Caminos, ya que permite: pendientes hasta del 18%, un tránsito promedio bajo, ancho de calzada de 5.50 metros.

Narváez (2012), en su Tesis de pregrado titulada “Impacto del mejoramiento de la vía el Rosal – Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector el Rosal, provincia de Pastaza”, realizada en la Universidad Técnica de Ambato, tuvo como objetivo: Determinar el impacto del mejoramiento de la vía El Rosal – Simón, en la calidad de vida de los habitantes del sector.

Entre sus conclusiones de esta investigación tenemos:

(a) El mejoramiento de la vía cambiará notablemente la calidad y el estilo de vida de los pobladores del sector El Rosal. (b) Las encuestas realizadas indican que existe gran desarrollo en la producción agrícola como: caña de azúcar, papa china, naranjilla, limones, papayas y sembríos propios de la zona. (c) De acuerdo a las encuestas es bajo el porcentaje de productos que se comercializan, debido a que las carreteras no están en buenas condiciones. (d) Con respecto al tráfico se concluyó que la mayor demanda de vehículos es de livianos, poca es la cantidad de buses y vehículos pesados que circulan, esto debido a las malas condiciones actuales de la vía. (e) Por tanto se concluyó que no ingresan vehículos pesados, por las condiciones actuales de la vía, imposibilitando el intercambio comercial que se pueda realizar.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Tito (2014) en su tesis de pregrado titulada “Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE – 28B” realizada en Universidad Ricardo Palma.

El objetivo de la investigación es el mejoramiento de esta carretera tuvo como finalidad buscar su rehabilitación ante su deterioro por el tránsito vehicular y las presiones de las condiciones climatológicas expuestas a las lluvias escarchas y otros elementos.

Para la pavimentación de la obra de rehabilitación y mejoramiento carretera tramo IV: Ayacucho – Abancay, se desarrollaron los siguientes estudios: Estudio de tráfico, de suelos, canteras y de pavimentación, llegando a las siguientes conclusiones.

La Obra: “Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ayacucho - Abancay, Tramo: Km. 154+000 – Km. 210+000”, ha sido culminada cumpliendo las Especificaciones Técnicas y concluyéndose en la fecha prevista.

En el tramo de la vía a mejorar entre las progresivas 156+000 – 158+000, se obtuvo un mejoramiento del terreno natural a la subrasante, quedando en óptimas condiciones de capacidad portante comprobado con los controles deflectométricos.

El diseño de mezcla asfáltica, para asfalto en caliente se hizo utilizando el método Marshall.

Se utilizó el riego de liga , RC-250 ,que se calentó a 80 grados para pegar el asfalto viejo con el nuevo , esto debido a que a la hora de realizar la partida de pavimento , la empresa OHL, subcontrato a la empresa kapala, la cual solo realizo el 35% del asfaltado , la empresa que termino el asfaltado fue superconcreto.

Para la construcción de la carretera, se usó técnicas, con consideración de las condiciones de los suelos, altitud, temperatura, precipitaciones, entre otras variables, donde propicia diseños por estratos.

Al verse ejecutado mayores metrados de mejoramiento de suelos a nivel de subrasante, no contemplados en el expediente técnico y los adicionales ,estos pasaron al nivel de arbitraje para su pago, todo esto con el único objetivo de culminar la ejecución de la presente obra tramo IV .

La construcción del tramo IV de Chincheros otorgo un beneficio para el desarrollo económico de la Región Abancay debido a que existirá una vía de comunicación directa de Ayacucho – Apurímac – Cuzco.

2.2.BASES TEORICAS

FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

FLUJO VEHICULAR

Según Romero (2014) señala que mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte (p.5).

En este capítulo mencionaremos algunas de las características fundamentales del flujo vehicular, es decir: el flujo, la velocidad y la densidad. Mediante estas características se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación de esta investigación.

a) **Flujo de Tránsito**

Según Romero (2014) el Manual de Capacidades HCM 2000 clasifica a los tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular: flujo continuo y discontinuo.

Flujo Continuo

Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía sólo se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tráfico.

Es decir flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto.

Flujo discontinuo

Es el característico de las calles donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, siendo una de estas los controles de tránsito, de las intersecciones con semáforos, etc.

b) **Velocidad**

Según Quiñones (2011) el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo, expresado en Km/h.

En general, el termino velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h) (Romero, 2014).

El estudio de velocidades tiene por objetivo medir la calidad de la operación en un sistema de transportes, tal es así que los conductores miden la velocidad de su viaje mediante su habilidad y libertad para conservar uniformemente la velocidad deseada.

Esto significa que existen conceptualmente varios tipos de velocidad, los cuales son definidos de la siguiente manera.

Velocidad de Punto

La velocidad de punto de un vehículo i , es la velocidad V_i a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o de una calle.

Velocidad instantánea

La velocidad instantánea de un vehículo j , es la velocidad V_j cuando se encuentra circulando a lo largo de un tramo de una carretera o de una calle en un instante dado.

Velocidad media temporal

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. Matemáticamente, la velocidad media temporal se define como:

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Donde:

V_t = velocidad media temporal

V_i = velocidad de punto del vehículo i

n = número total de vehículos observados en el punto o tamaño de la muestra.

Velocidad media espacial

Es la media aritmética de las velocidades instantáneas de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. En consecuencia se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades instantáneas. Matemáticamente, se define como:

$$V_e = \frac{\sum_{j=1}^m V_j}{m}$$

Donde:

V_e = velocidad media espacial

V_j = velocidad instantánea del vehículo j

m = número total de vehículos observados en el tramo o tamaño de la muestra.

c) **Densidad**

Según Palma (2006) la densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad se puede calcular como sigue:

$$D = v/S$$

Donde:

v = razón de flujo (veh/hr)

S = Velocidad promedio de viaje (km/hr)

D = Densidad (veh/km)

La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito (p.6).

VOLUMEN DE TRÁNSITO

Según Ordoñez (2009) el volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico”(p.5).

CAPACIDAD

Según Martínez (2014) define a la capacidad como el número máximo de vehículos que tiene la probabilidad razonable de atravesarla durante un periodo dado de tiempo en unas condiciones determinadas de la carretera y del tráfico (p.11).

Romero (2014) señala, la capacidad es el máximo número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección uniforme, durante un intervalo de tiempo (generalmente 15 minutos – período de flujo estable), bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial analizada (de flujo continuo u discontinuo), del tránsito sobre ella y de los dispositivos de control existentes dentro de las cuales se destacan:

- **Condiciones de la infraestructura vial:** características físicas, desarrollo del entorno, características geométricas y tipo de terreno.
- **Condiciones del tránsito:** distribución espacial y temporal y la composición del tránsito.
- **Condiciones de control:** dispositivos de control del tránsito.

NIVEL DE SERVICIO

Según Romero (2014) para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

Clasificación del nivel de servicio

Las condiciones de operación de los niveles de servicio, son:

- **Nivel de servicio A**

Representa circulación a flujo libre, hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es alta (no existen efectos por la presencia de otros usuarios). Nivel de comodidad y conveniencia del usuario es alta.



Figura 1 Nivel de servicio A

Nota: Romero (2014)

- **Nivel de servicio B**

Este nivel de servicio, tiene restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen la velocidad. Se disminuyen la libertad de conducir a la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar. En general el nivel de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno, aunque empieza a sentirse la presencia de otros usuarios.



Figura 2 Nivel de servicio B

Nota: Romero (2014)

- **Nivel de servicio C**

Aún en el rango de flujo estable, aunque empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente y se siente de manera significativa la interacción con

los otros usuarios. El nivel general de libertad y comodidad del conductor es adecuado aunque algo limitado.



Figura 3 Nivel de servicio C

Nota: Romero (2014)

- **Nivel de servicio D**

Circulación con densidad elevada aunque todavía estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada. El nivel general de libertad y comodidad del conductor es deficiente y pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de operación.



Figura 4 Nivel de servicio D

Nota: Romero (2014)

- **Nivel de servicio E**

Representa circulación a capacidad. No es viable adelantar. Niveles de libertad y comodidad bajos. Capacidad inestable ya que pequeñas perturbaciones producen congestión.



Figura 5 Nivel de Servicio E

Nota: Romero (2014)

- **Nivel de servicio F**

Representa la circulación forzada y congestionada, el volumen de demanda supera la capacidad de la vía. Se forman largas colas y operaciones con constantes paradas y avances cortos – flujo extremadamente inestable.



Figura 6 Nivel de Servicio F

Nota: Romero (2014)

ESTUDIO DE TRÁFICO

El ámbito de influencia del proyecto vial en estudio corresponde a la carretera Yura – Peaje Patahuasi, parte de la ruta nacional **PE-34A**, camino nacional asfaltado, como de los flujos de ingreso a los poblados de su área de influencia directa y la conectividad a la ciudad capital de la región de Arequipa. En ese sentido, se estudia los viajes del transporte que circula por la vía de vehículos de transporte de pasajeros y de carga, como su tránsito por la actual vía, y su incidencia en el ámbito urbano, cuyo origen – destino no es la ciudad.

La presente investigación del estudio de tráfico representa el cumplimiento con los objetivos y metas que se realizaron para las distintas labores de tráfico (conteos, encuestas origen – destino de pasajeros y de carga, medición de pesajes de carga pesada y medición de velocidad) con la finalidad de cumplir con lo estipulado por la entidad contratante de COVISUR que será insumo principal para el desarrollo del estudio a nivel de factibilidad de la carretera Yura – Peaje Patahuasi (Dv. Chivay), parte de la ruta nacional **PE-34A**. Parte del corredor vial Interoceánica Sur Perú - Brasil.

Por tanto el estudio comprende la estimación y determinación **Transito Promedio Diario Anual (TPDA)**, características y composición del volumen de tráfico.

ESTUDIO DE CONTEOS VEHICULARES

- **Circuito Vial del Estudio**

Para conocer el posible desarrollo de la carga vehicular de ligeros y pesados se debe evaluar y analizar el comportamiento del flujo de vehículos por tipo de transporte de cada tramo del cual se asignará los vehículos respectivos. Tomando en cuenta el viaje de inspección técnica se identificó y determino los siguientes tramos homogéneos respetando en lo posible su ubicación.

Cuadro 1: Identificación de los tramos homogéneos

N°	Tramos homogéneos	Longitud (Km.)
Tramo 1.	Yura – Peaje Patahuasi Longitud total =	49+993

Nota: Elaboración propia.

Tramo 1: Yura – Peaje Patahuasi

Tramo se inicia en la salida de la localidad de Yura (ruta nacional PE-34A) y finaliza cerca al peaje de Patahuasi en el cruce con la vía PE-34E que conduce a la ciudad de Caylloma. La vía se encuentra asfaltada con un ancho de calzada adecuada, una longitud de 49+993 Km. de topografía accidentada y ondulada.



Figura 7 Entrada a Yura



Figura 8 Pesaje de Patahuasi

Nota: Elaboración propia

Nota: Elaboración propia

El tiempo de viaje a flujo libre es aproximadamente de 50 minutos. Este tramo es transitado por todo tipo de vehículo, especialmente buses y tráileres (3S3) cuyo destino son los centros mineros ubicados en las zonas altas de Arequipa y Cuzco; como las ciudades de Juliaca, Puno, Sicuani, Cuzco, etc.

Programación del Estudio de Tráfico

Para el presente estudio de tráfico, se ha programado las actividades según el siguiente rol y de las actividades a desarrollar mostradas en el cuadro N° 2 como en la Figura N° 9.

Cuadro 2: Programación y fechas de las actividades

Actividades	Estaciones		Periodo de trabajo
	N°	Días	
Conteos volumétricos y clasificación vehicular	4	7	7 días x 24 horas
Censo del transporte pesado	3	4	4 días x 12 horas
Encuesta Origen - Destino del transporte liviano y pesado	2	3	3 días x 12 horas
Medición de velocidad por tipo de vehículo	2	3	2 días x 12 horas

Nota: Elaboración propia.

Los formatos son los mismos empleados en los diversos estudios de tráfico realizado por los diversos estudios para PROVIAS Nacional – MTC. Las fechas programadas para la salida al campo del Estudio de Tráfico de la presente carretera se muestran en los siguientes cuadros y figuras.

Una brigada de tráfico por cada punto de conteo (E), está compuesta por un Jefe de Brigada y mínimo de cuatro (4) técnicos, uno por cada sentido de tráfico, que efectuarán simultáneamente, funciones de conteo y clasificación de vehículos. Los turnos son rotativos cada 12 horas del día.

Conteo volumétrico y clasificación vehicular

A efectos del presente estudio de tráfico, se realizará el siguiente tipo de aforo:

Conteo de flujos y clasificación vehicular.

El objetivo de los conteos es estimar el **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)** en cada uno de los puntos en que se realicen. Los conteos fueron efectuados con clasificación según los tipos representativos de vehículos. En general, los tipos de vehículos con que se clasifica están especificados en los términos de referencia del estudio respectivo.

La duración de los conteos fue de 7 días por 24 horas para todas las estaciones.

Cuadro 3: Estaciones de Conteo por flujo

Estación y Tramos		Sectores	Fecha
CF1	Yura - Patahuasi	Solo un tramo 1	Viernes 13 al Jueves 19 de Enero del 2017

Nota: Elaboración propia.

Para el levantamiento de los datos de campo del aforo vehicular clasificados (flujos) se consideró el trabajo simultáneo en todos los tramos desde el primer y último día de aforo, ver cuadro N° 3.

Para el conteo, los vehículos fueron clasificados según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de la configuración vehicular aprobada en el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, ver tabla adjunta.

Tabla 1: Clasificación según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes)

Tipo	Características	Descripción
Vehículo Ligeró	Vehículos Ligeró	Automóvil y otras vehículos tipo sedan
	Camioneta	Station Wagon (colectivos) + camioneta panel
	Pick up	SUV 4 x 4
	Camioneta Rural	Combi
	Microbús	Custer y Micro livianos
	Bus	Buses de 2, 3 y 4 ejes
	C2	Camión de 2 ejes (2 ejes simples)
	C3	Camión de 3 ejes (1 eje simple y 1 eje doble)
	C4	Camión de 4 ejes (1 eje simple y 1 eje triple)
Vehículo Pesado o de Carga	T2S1 (2S1)	Semi tráiler (3 ejes simples)
	T2S2 (2S2)	Semi tráiler (3 ejes, 2 simples y 1 eje doble)
	T2S3 (2S3)	Semi tráiler (3 ejes, 2 simples y 1 eje triple)
	T3S2 (3S2)	Semi tráiler (3 ejes, 1 simples y 2 ejes dobles)
	T3S3 (3S3)	Semi tráiler (3 ejes, 1 simple, 1 eje doble y 1 eje triple)
	C2R2 (2T2)	Tráiler (Camión C2+carreta de 2 ejes simples)
	C3R3 (2T3)	Tráiler (Camión C2+carreta de 2 ejes, uno simple y otro doble)
	C3R2 (3T2)	Tráiler (Camión C3+carreta de 2 ejes simples)
	C3R3 (3T3)	Tráiler (Camión C3+carreta de 2 ejes, uno simple y otro doble)

Nota: Elaboración propia

Censo de carga (Pesaje)

El objetivo de elaborar un censo de carga vehicular es el estimar el daño en la carretera, producido por el flujo continuo de vehículos de carga, con el fin de definir el diseño del pavimento. Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura solo los vehículos pesados, vehículos cuyo peso bruto excede las 2.5 ton, (Buses, Camiones, Semi Tráiler y Tráiler) son de interés ya que el resto de vehículos que circulan con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tiene en cuenta.

El levantamiento de los datos de campo del censo de carga será en tres (3) puntos de control como se muestra en cuadro N° 4. El censo de carga se programó para 12 horas de tres (3) días laborables y un (1) día sábado o domingo respectivamente.

Cuadro 4: Ubicación de cada estación de control del censo

Estación		Fecha	Ubicación
CC1	Yura - Patahuasi	Domingo 29 de Enero a Miércoles 01 Febrero del 2017	En la salida de la localidad de Yura, en la progresiva 60+500

Nota: Elaboración propia.

La actividad del censo tiene por objetivo la toma de datos para relevar el estado de la carga, su capacidad en peso y condiciones de la presión de inflado del neumático. Para ello se tomará 12 horas continuas de datos teniendo la siguiente frecuencia de horario a programarse en campo.

La finalidad es tener una muestra mayor al 60% de vehículos que circulan en los horarios en los días estipulados, tratando de pesar a todos los vehículos según sus ejes, y así obtener un promedio representativo del daño que producen los ejes equivalente del vehículo de carga.

El trabajo de campo en cada punto de pesaje será realizado por una brigada compuesta por 6 técnicos por cada sentido, dando un total de 12 técnicos de tráfico y con el apoyo policial de dos (2) técnicos durante las 12 horas del día que dura el control del censo. Para los trabajos de pesaje será necesario contar con el apoyo policial más cercano a los 2 puntos de control.

Los pesajes serán realizados con dos (2) balanzas electrónica según las siguientes especificaciones con certificado de calibración reciente por la empresa que abastece y brinda servicios.

Marca: **PRECIX WEIGHT** ®

Modelo: **Axle Weigh IV Portable Axle Scale**

Capacidad: 20,000 Kg por eje.

Menor lectura: 10 Kg.

Plataformas: Dos (2) plataformas de 72 cm x 97 cm cada una incluyendo las rampas, instaladas en la zona de rodadura de las llantas.

Precisión: +/- 2% de la carga por eje.

El principal empleo de cada balanza por sentido en cada tramo de la carretera es obtener la mayor cantidad de pesos por tipo de vehículo que representa una característica del promedio y daño que puede tener en el pavimento por la circulación del transporte pesado en el horizonte del proyecto.



Encuesta Origen - Destino por tipo de transportes

El objetivo de realizar una encuesta origen y destino (EOD) es obtener las matrices o cuadros de viajes, las que luego serán utilizadas en el proceso de proyección y asignación de viajes. Además obtener un conjunto de información sobre los vehículos, los pasajeros y la carga.

Cuadro 5: Ubicación de cada estación de control

Estación		Fecha	Ubicación
OD1	Yura - Patahuasi	Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017	En la salida de la localidad de Yura, en la progresiva 60+500

Nota: Elaboración propia

Las encuestas de origen y destino serán del tipo al costado de la ruta, es decir se realizarán en puntos determinados de la red vial deteniendo a una muestra de vehículos que pasan por el punto. Para el levantamiento de los datos de campo en la encuesta O-D se presenta las estaciones según la cuadro N° 5. La encuesta se programó para 12 horas en tres (3) días (dos laborables y un fin de semana que puede ser domingo o sábado).

El trabajo de campo en cada punto de control será realizado por una brigada compuesta por 3 técnicos por cada sentido, dando un total de 6 técnicos de tráfico y con el apoyo policial de dos (2) técnicos durante las 12 horas del día que dura el control de la encuesta.

Medición por velocidad

Los objetivos del estudio de velocidad son:

- Evaluar y analizar el tiempo de viaje promedio que demora un vehículo en trasladarse de un punto a otro, solamente transporte de carga y autos.
- Identificar las diferentes velocidades que adopta cada tipo de vehículo en el trayecto analizado, solamente transporte de carga y autos.

Para el presente estudio se va a emplear la siguiente metodología:

- Se ha seleccionado una sección vial con una longitud de acuerdo a las distancias y ámbito (aproximado 6 Km. que comprendan las características geométricas de la carretera), colocando una persona en cada extremo del mismo para cada sentido, un observador provisto de cronómetro y un anotador. Se sincronizan ambos cronómetros y a partir de cierto tiempo convenido los observadores anotan las placas de las matrículas de los vehículos que pasan frente a ellos y lecturas de los cronómetros en esos momentos. Los datos se sistematizan el tiempo de viaje y la velocidad promedio de circulación por tipo de vehículo entre los puntos de controles colocados a cierta distancia.

Los vehículos fueron clasificados según participación en la composición vehicular y según su circulación, son los siguientes:

- Automóvil
- Station Wagon
- Pick Up
- Camioneta Rural
- Microbús

- Buses
- Camión 2E, 3E y 4E
- Tráileres (Articulados)

Ubicación de los tramos homogéneos

A efectos del presente estudio de tráfico, se desagrega en un solo tramo la carretera en estudio, con el objetivo analizar comportamiento del tráfico con los viajes de corta y larga distancia, ver cuadro N° 7 y figura N° 9.

Ubicación de las estaciones de conteos (PC)

Para el levantamiento de los datos de campo (aforo) se consideró el trabajo simultáneo en todos los tramos, como se presenta en el siguiente cuadro N° 6.

Cuadro 6: Ubicación de las Estaciones de Conteo

Estación y Tramos homogéneos		Fecha	Ubicación
Tramo 1	Yura - Patahuasi	Viernes 13 al Jueves 19 de Enero del 2017	En la salida de la localidad de Yura, en la progresiva 60+500

Nota: Elaboración propia.

Siendo la prioridad identificar y determinar los viajes que pueden ser derivados u asignados a otras carreteras que pueden competir con la vía en estudio, ver figura N° 9.

Cuadro 7 : Ubicación de cada estación de control de velocidad

Estación		Fecha	Trayecto
1	Yura - Patahuasi	8 Horas del Viernes 20 de Enero del 2017	Entre progresivas de características de diseño geométrico y de pavimento representativos del tramo de la carretera. A una distancia de 6 Km. entre cada punto de control

Nota: Elaboración propia



Figura 9 Localización de las estaciones de conteo, pesaje, encuesta y velocidad

Nota: Elaboración propia.

Metodología de estimación del IMDA y Factor de Corrección

Metodología para hallar el IMDA

La metodología para hallar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPD), corresponde a la siguiente:

$$TPD = TPD_s * FC_m$$

Dónde:

TPD_s = Volumen clasificado promedio de la semana

FC_m = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

Obtención de los Factores de Corrección

El factor de corrección estacional, determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, etc; que se producen durante el año.

$$FC_m = \frac{TPD \text{ Unidad Peaje}}{TPD \text{ del mes del estudio de la unidad de peaje}}$$

Donde:

FC_m = factor de corrección mensual clasificado por tipo de vehículo

TPD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje

$TPD_{\text{mes del Estudio}}$ = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

ENCUESTA ORIGEN – DESTINO

Objetivos

Los objetivos de la encuesta origen – destino (EOD) son:

- Identificar el Origen de procedencia y destino de los viajes que circulan por los diferentes tipos de vehículos (líneas de deseo),
- Cuantificar y clasificar los motivos de viaje de los usuarios
- Identificar los tipos y características del parque automotor.
- Determinar la capacidad de ocupación por tipo de vehículo (N° de pasajeros por vehículo)

Las encuestas de origen y destino serán del tipo al costado de la ruta, es decir se realizan en puntos determinados de la red vial deteniendo a una muestra de vehículos que pasan por el punto.

Cuadro 8: Ubicación de cada estación de control

Estación:	E1
Tramo:	Yura – Peaje Patahuasi
Ubicación:	En la salida de Yura, a 100 m del grifo PRIMAX.
Duración:	12 horas
Fecha:	Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017.
Resultados Campo	O-D de carga y pasajeros

Nota: Elaboración propia

El trabajo de campo en cada punto de control fue ejecutado por una brigada compuesta por tres (3) técnicos de tráfico por cada sentido del flujo vehicular y un jefe de brigada, en total cuatro (4) técnicos. Se contó con el apoyo policial durante las 12 horas del día que duró el control de la encuesta de la comisaria de Yura, Arequipa.

Con la información levantada en campo, se procedió a su revisión, verificación y consistencia de los datos para luego ser procesada preparándose las matrices de origen y destino de viajes por tipo de vehículo según sea de carga o de pasajeros.

Un aspecto importante que debe ser tenido en cuenta es la seguridad, tanto del tránsito como del personal de la encuesta y del censo, por lo que en la ubicación de la estación se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tramo recto y con buena visibilidad.
- Buena iluminación en caso de operación nocturna.
- Suficiente espacio de banquetas para la detención segura de vehículos fuera de la calzada.
- Señalización adecuada para que los vehículos disminuyan la velocidad y luego se reincorporen al tránsito, en caso de neblina y lluvias.

Actividades del trabajo en campo

- Se diseñó y elaboraron formatos para los conteos y censo según las especificaciones técnicas del MTC, y que han sido aplicados y validados en otros estudios de transportes.
- En cada una de las estaciones se ejecutará una encuesta de 12 horas del día en el periodo de la mañana en forma continua y con el apoyo de la policía de la carretera. Por la noche no se podrá realizar encuestas debido a la inseguridad vial en las carreteras (robo, terrorismo). En ese sentido se tomará un día laboral y no laboral en función al mayor IMDA por día según el aforo.
- Se conforma una brigada por cada estación de encuesta (E), compuesta cada una por un Jefe de Brigada y tres (3) técnicos por cada estación los que tendrán como objetivo levantar la información de las matrices de viajes origen - destino tanto de la carga como de los pasajeros según el tipo de vehículo que circule.
- Se coordinó el apoyo de la policía de Carreteras para realizar la encuesta respectiva en el tramo vial identificado, la presencia del personal de la policía permitirá poder detener a los vehículos y proceder a levantar la información de la encuesta origen - destino.

Matrices de viajes

La presentación de las matrices de viajes por tipo de transporte de pasajeros y de carga son resultados de las encuesta O-D realizada en la cercanía de la localidad de Yura en el recorrido por el camino a Patahuasi, resultados serán mostrados en el capítulo IV.

La matriz de viajes está distribuida por pares orígenes – destinos ubicados en 2 ámbitos a nivel de región, donde los viajes inter provinciales se suman para totalizar una región. Para el caso del transporte de pasajeros, la variable utilizada para la ampliación de la muestra de los viajes fue el flujo de vehículos encuestados parámetro para estimar el número de viajes que realizan entre diversos pares orígenes – destinos.

Las características principales entre las matrices de viajes tenemos a

Matriz transporte de pasajeros

- (a.) Los ómnibus están empleados para el transporte de personal desde y hacia las unidades mineras de producción, en promedio circulan unos 10 buses con cierta frecuencia. En promedio en cada bus se movilizan un total de 45 personas.

- (b.) Así mismo, el ómnibus transporta pasajeros hacia destinos de integración regional como Cuzco, Puno y Madre de Dios. Se verifico que esta ruta no es empleada por los buses con origen en Lima.
- (c.) El pick up es el segundo tipo de vehículo más empleado en los viajes (24.6%) por el transporte de personal y mercancías a la vez. Es posible transportar un promedio de 3 personas, las actividades mineras utilizan este vehículo para el transporte de sus funcionarios.
Arequipa como destino concentra una demanda del 76.2% de los viajes tanto de sus provincias como de las regiones.

Matriz transporte de carga

- (d.) El vehículo empleado en las actividades mineras es el semi tráiler 3S3 con tipo de carrocería tolva que permite el transporte de minerales. Tiene un flujo promedio diario de 45 vehículos por día que circulan en convoy. Además, la comercialización del cemento se transporta en este tipo de vehículo, con una frecuencia diaria de 30 vehículos.
- (e.) En este trayecto representa el circuito de viajes de las mineras con destino final el puerto Matarani y su regreso. Tenemos a las mineras como Las Bambas (Apuurímac), Constancia y Antapaccay (Cuzco) y la Arcata, Bateas (Arequipa) y en proceso de producción otras como Quechua, Puca Puca, Suykutambo, entre otras.
- (f.) La soya procedente de Bolivia se comercializa en el mercado local de Arequipa en la producción de alimentos balanceados para animales, y también llega a Lima. Para su transporte emplea tráileres y semi tráileres con frecuencia diaria.
- (g.) Para el comercio local, los camiones de 2E y 3E son muy empleados para el transporte de mercancías de productos de pan llevar, abarrotes, verduras, carnes congeladas, frutas, entre otras; todas relacionadas a la alimentación de la población lugareña.

PROYECCIONES DEL TRÁFICO

La experiencia en diversos estudios y el trabajo en campo de la evaluación de impacto de las carreteras han determinado que el crecimiento del tráfico está directamente relacionado con el crecimiento de la economía de un país y del crecimiento de la población. Estos factores principales inciden en el crecimiento del parque automotor y,

consiguientemente, en el crecimiento del tráfico en la carretera. Sin embargo, el crecimiento de la economía (y consiguientemente del tráfico) es un proceso muy difícil de predecir, debido a la cantidad de factores que tienen una influencia directa en este crecimiento. Además, que no se cuenta con una información histórica disponible, consistente y veraz que permita incorporar nuevas variables que expliquen el comportamiento del tráfico.

Así tenemos, que el tráfico obtenido corresponde al tráfico Normal, que va crecer independientemente de la realización del proyecto vial, por el normal desarrollo del área de influencia del proyecto mismo; pero, una vez mejorada la carretera el tráfico generado es el que se presenta en forma adicional.

Planteamiento Metodológico

La ausencia de información oficial sobre el tráfico de la carretera en estudio, se estimó razonable, para las proyecciones de tráfico, utilizar un método de uso generalizado en estudios como el presente y su formulación matemática está basada en el método de las tasas de generación de viajes. Este método considera las estructuras de flujos de transporte entre pares de zonas aplicándose la siguiente expresión exponencial por tipo de vehículo:

$$T_{tn} = T_0 \left[1 + \left(\frac{\sum_1^n (R_{ij} \cdot T_{ijt})}{\sum_1^n T_{ijt}} \cdot 0,01 \right) \right]^n$$

Dónde:

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

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

T_{ijt} = Tráfico entre las zonas i y j, que utiliza el tramo T.

R_{ij} = Tasa de generación de viajes.

Las Tasas de generación de viajes entre cada par de zonas, se obtuvieron de la siguiente relación:

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2}$$

Dónde:

R_i = Tasa de generación de viajes de la zona i.

R_j = Tasa de generación de viajes de la zona j.

Las tasas de crecimiento del tráfico por tramos y según los tipos de vehículos, estarán dadas por la relación:

$$R_t = \frac{\sum_1^n (R_{ij} \cdot T_{ijt})}{\sum_1^n T_{ij}}$$

Basándose de las encuestas de Origen y Destino efectuadas en el trayecto de la carretera se definieron regiones, provincias, distritos y finalmente localidades desde donde generan los viajes; confeccionándose matrices con dichos viajes que se realizan en el ámbito de las regiones de Arequipa, Apurímac, Cuzco, Ica, Lima, Madre de Dios y Puno. Estas zonas se definen por ser atractores y centros de servicios del transporte interprovincial y de los principales abastecedores de la producción principalmente minera, agropecuaria y comercial de las regiones con sus capitales de provincia y distritos.

Las tasas de generación de viajes se calcularon para cada tipo de vehículo considerando como variable la elasticidad del tráfico, de acuerdo a lo siguiente:

Vehículos Ligeros (autos y utilitarios):

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ki} = R_{PBIpc} \times E_{swi}$$

Dónde:

R_{ki} = Tasa de generación de viajes en camionetas de la zona i.

R_{PBIpc} = Tasa de crecimiento del PBI por habitante de la zona i.

E_{swi} = Elasticidad del tráfico de vehículos ligeros.

Vehículos pesados (Ómnibus, Camiones y Articulados)

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{Ci} = R_{PBi} \times E_{VPi}$$

Dónde:

R_{Ci} = Tasa de generación de viajes según tipo de vehículo pesado (camiones o articulados) de la zona i.

R_{PBi} = Tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno de la zona i.

E_{VPi} = Elasticidad del tráfico de vehículos pesados.

Elasticidad

La elasticidad expresada como la relación parque automotor y nivel de ingreso (PBI) se ha tomado del Estudio del Plan Intermodal de Transportes del Perú - MTC. En el siguiente cuadro N° 24 se presenta los valores proyectado a un periodo de 10 años.

Cuadro 9: Elasticidad por tipo de vehículo 2013-2023.

Vehículo	Elasticidad área de estudio
Ligero (Auto, Camioneta) y Transporte público	1.00
Pesados (Camión, Articulado)	1.20

Nota: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005)

Para la estimación del PBI per cápita se empleó la elasticidad multiplicando con el PBI regional. Este factor incluye un posible incremento de los viajes debido al crecimiento de la actividad minera a mediano y largo plazo.

El indicador económico considerado PBI per cápita, proxy del nivel de ingreso promedio del poblador de una región o país, es una variable que afecta al comportamiento del tráfico existente en la carretera; mantiene una alta correlación con los conteos realizados durante los últimos años. Por ello, se ha estimado a esta variable y su incidencia en el comportamiento del flujo de vehículos ligeros hacia el horizonte del proyecto.

Proyecciones de Tráfico

El tránsito “normal” corresponde al volumen vehicular que circula por la carretera en estudio, y que ha sido medido mediante conteos vehiculares efectuados. El tránsito normal tiene su proyección en la situación “sin” y “con” proyecto. En cambio, el tránsito “generado”, es aquel que aparece como efecto directo de la intervención vial.

- **Tráfico Normal**

La tasa de crecimiento del tráfico por tipo de vehículo, constituyen el promedio geométrico de las tasas de generación de viajes entre pares de zonas de las regiones que demandan, dato mostrado en la cuadro N° 27. La proyección de tráfico normal representa el crecimiento del flujo de vehículos en el horizonte del proyecto.

- **Tráfico Generado**

En cuanto al tráfico generado se ha sumido un incremento del 0%, es decir el tráfico está consolidado en este tramo de la carretera que no se verá afectado por las mejoras en la infraestructura vial.

CENSO DE CARGA, CALCULO DE LOS FACTORES DESTRUCTIVOS Y DE LOS EJES EQUIVALENTES (EE).

El objetivo del censo de carga y la medición de la presión de inflado de los neumáticos, es conocer los factores de equivalencia del daño que produce cada tipo de vehículo pesado (tanto los buses del transporte como camiones y tráileres de carga) que circulan por la carretera Yura – Patahuasi, región de Arequipa.

La ubicación de la estación de control está en función al lugar donde es posible tomar la mayor cantidad de vehículos encuestados y realizar la medición del peso por eje y el inflado del neumático (llantas). En ese sentido, la localización de la estación se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 10: La ubicación del control del censo de carga

Estación:	CC1
Tramo:	Ruta PE-34A .
Ubicación:	En la salida de la localidad de Yura a 1 Km. hacia Peaje Patahuasi, próximo al grifo PRIMAX, en la progresiva 60+500.
Duración:	12 horas diversas por 4 días
Fecha:	Domingo 29 y Martes 31 de Enero, Miércoles 01 y Jueves 02 de Febrero del 2017.
Balanzas	Se colocó una balanza por cada sentido (E-O y O-E)
Resultados Campo	Censo de carga de factores destructivos por eje equivalente por tipo de vehículo del transporte pesado

Nota: Elaboración propia

El levantamiento de los datos de campo del censo de carga será en una sola estación de control con balanzas en ambos sentidos. El censo se programó para 12 horas continuas en tres (3) días laborables y un (1) día no laborable respectivamente. Iniciando la toma de datos entre las 6:30 a 7:00 am. y culminando después de las 12 horas, no fue posible la toma de datos en la noche y madrugada debido a la falta de seguridad y el apoyo policial solo se brindaba hasta las 7:00 pm, como a la presencia de lluvias y neblina en la zona.

Cada grupo consta del siguiente personal para cada balanza por sentido:

- 1 Operador técnico en balanza.
- 2 Técnicos encuestadores de vehículos
- 1 Auxiliar técnico que mide la presión de las llantas (neumáticos).
- 1 Auxiliar técnico (jalador) posesiona al vehículo en la balanza.

Un mínimo de 5 técnicos por cada balanza por sentido.

La actividad del censo tiene por objetivo la toma de datos para relevar el estado de la carga, su capacidad en peso y condiciones presión de inflado del neumático. Se observó

especialmente cuando se pesa los vehículos de carga de 6 ejes a más, que existe un exceso de peso en el Tridem (tres últimos ejes). Del mismo modo, se notó que aproximadamente el 80% de los vehículos de carga están al límite del peso, especialmente los que transportan minerales.

Área de contacto y presión de neumáticos

Es sabido que la carga puede causar más daño si la presión del neumático es alta (por la menor área de contacto). La presión del neumático no siempre es igual a la presión de contacto. En la versión actual, el método incorpora factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño, para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, en función de su presión de inflado y de los espesores de la carpeta asfáltica, donde contempla desde cuatro hasta diez pulgadas de espesor, ver figura N° 10.



Figura 10: Medición de la Presión de Inflado del neumático (llanta) para un camión de 2 ejes.

Nota: Elaboración propia.

La presión de inflado de llantas promedio por tipo y clase de vehículo, se han convertido a presión de contacto mediante la siguiente expresión:

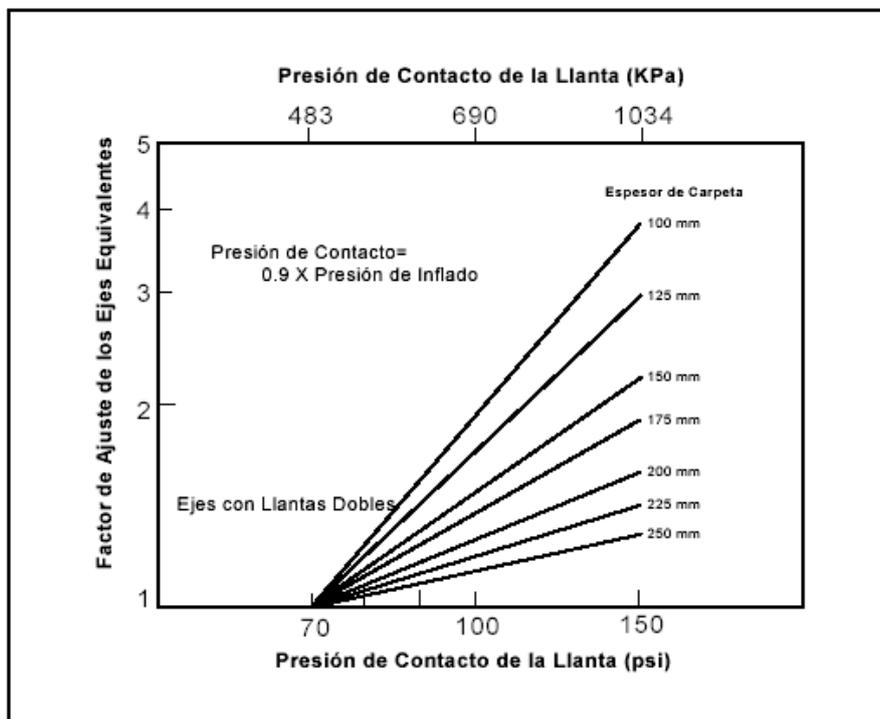
$$\text{Presión de contacto} = 0.90 * \text{Presión de llantas promedio}$$

Para determinar los factores de ajuste (FA) que se aplicarán al factor de eje equivalente de carga por vehículo, se recomienda usar el gráfico elaborado por H.F Southgate y R.C Deen en el Kentucky Transportation Research Program (1985), publicado por el Asphalt Institute (MS-1), de acuerdo al espesor del concreto asfáltico y la presión de contacto.

De esta metodología se obtiene como resultado:

- Factores destructivos por tipo de vehículo
- Estimación del EE por tramo

Figura 11: Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión del neumático (llantas)



Nota: Guía AASHTO 1993.

Metodología de estimación del Factor de Eje Equivalente (EE)

(a.) Método simplificado empleada por el MTC.

Este es un cálculo aproximado del factor de daño y fueron desarrolladas a partir de la expresión que señala que el daño efectuado por un determinado eje con respecto al eje estándar es proporcional a la potencia cuarta de la relación entre

deformaciones por tensión en la carpeta. Por extensión de esa relación se considera que la proporcionalidad mantiene con las cargas aplicadas.

Pera el cálculo de los EE se tomará el criterio simplificado de la metodología del HDM 4 y del manual de pavimento del MTC aplicando las siguientes relaciones para vehículos pesados (buses y camiones), tanto para el pavimento flexible como pavimento rígido mostradas en los cuadros N° 11 y 12.

El cálculo de los factores de ejes equivalencia (EE) de carga para cada tipo de vehículo, se obtiene sumando los FEC de un mismo tipo de vehículo, y representa el efecto destructivo de ese vehículo expresado en un número equivalente de repeticiones de ejes simples estándar de 8.2 toneladas de peso, resultados que serán mostrados en el capítulo de resultados.

Cuadro 11: Factores de carga según formulas del HDM 4, pavimento flexible

Tipo de eje	Eje equivalente EE _{8.2 tn.}
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	[P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	[P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tándem (1 eje rueda doble + 1 eje rueda simple) EE _{TA1}	[P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tándem (2 ejes ruedas dobles) EE _{TA2}	[P / 15.1] ^{4.0}
Eje Tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje rueda simple) EE _{TR1}	[P / 20.7] ^{3.9}
Eje Tridem (3 ejes de ruedas dobles) EE _{TR2}	[P / 21.8] ^{3.9}
P = peso por eje en toneladas	

Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (2014) (comunicaciones, "Manual de carreteras" Suelos, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Cuadro 12: Factores de carga según formulas del HDM 4

Tipo de eje	Eje equivalente EE _{8.2 tn.}
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	[P / 6.6] ^{4.1}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	[P / 8.2] ^{4.1}
Eje Tándem (1 eje rueda doble + 1 eje rueda simple) EE _{TA1}	[P / 13.3] ^{4.1}
Eje Tándem (2 ejes ruedas dobles) EE _{TA2}	[P / 13.3] ^{4.1}
Eje Tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje rueda simple) EE _{TR1}	[P / 16.6] ^{4.0}
Eje Tridem (3 ejes de ruedas dobles) EE _{TR2}	[P / 17.5] ^{4.0}
P = peso por eje en toneladas	

Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (2014)

(b.) Metodología empleada del AASHTO 1993

• **Para pavimento flexible:**

El factor de eje equivalente es calculado mediante la fórmula mostrada a continuación.

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\log\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log L_2 + \frac{G_T}{\beta_x} + \frac{G_T}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad \beta_x = 0.40 + \frac{0.081(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

Dónde:

W_{tx}: número de aplicaciones de carga de un eje x al final del tiempo t

W₁₈: número de aplicaciones de carga de un eje simple de 18 Kips (80 kN) al tiempo t

L_x: peso en Kips de un eje simple, un conjunto de ejes tándem o un conjunto de ejes tridem

- L_2 : código del eje, 1 para eje simple, 2 para eje tándem y 3 para eje tridem.
- SN: numero estructural, en pulgadas.
- p_t : Serviciabilidad final
- β_{18} : es el valor de β_x cuando L_x es igual a 18 y L_2 es igual a 1.
- β_x : factor que depende del tipo y condigo del eje, y del número de estructural según se trate de pavimento flexible.

AASHTO transforma los diferentes ejes que circulan por una ruta a un eje simple de rueda doble de 80 KN (18 kips) de peso, considerado como eje patrón. El factor de equivalencia es el cociente que resulta entre el número de ejes de una configuración y peso, necesarios para originar una determinada pérdida de Serviciabilidad, respecto del número de ejes patrón requerido para producir la misma pérdida de Serviciabilidad; el valor de este cociente es el Factor de Ejes Equivalentes.

Los parámetros empleados para el cálculo son los siguientes:

- Número de estructural de diseño = 3.74
 - Índice de Serviciabilidad Inicial = 4.20
 - Índice de Serviciabilidad Final = 2.00
- **Para pavimento rígido:**

Para el cálculo del factor de eje equivalente de pavimentos rígidos de AASHTO considera la siguiente expresión mostrada, cuyas variables son similares a la del pavimento flexible salvo por el valor de D que representa el espesor de la losa en pulgadas y que debe ser estimado para el cálculo y luego reemplazado por el valor obtenido en el diseño.

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\log\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.62 \log(18 + 1) - 4.62 \log(L_x + L_2) + 3.28 \log L_2 + \frac{G_T}{\beta_x} + \frac{G_T}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.5 - p_t}{4.5 - 1.5}\right) \beta_x = 1.00 + \frac{3.63(L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$$

Dónde:

W_{tx} : número de aplicaciones de carga de un eje x al final del tiempo t

W_{18} : número de aplicaciones de carga de un eje simple de 18 Kips (80 kN) al tiempo t

L_x : peso en Kips de un eje simple, un conjunto de ejes tándem o un conjunto de ejes tridem

L_2 : código del eje, 1 para eje simple, 2 para eje tándem y 3 para eje tridem.

D: espesor de losa en pulgadas.

p_t : Serviciabilidad final.

β_{18} : es el valor de β_x cuando L_x es igual a 18 y L_2 es igual a 1.

β_x : factor que depende del tipo y condigo del eje, y del espesor de la losa según se trate de pavimento rígido.

AASHTO transforma los diferentes ejes que circulan por una ruta a un eje simple de rueda doble de 80 KN (18 kips) de peso, considerado como eje patrón. El factor de equivalencia es el cociente que resulta entre el número de ejes de una configuración y peso, necesarios para originar una determinada pérdida de Serviciabilidad, respecto del número de ejes patrón requerido para producir la misma pérdida de Serviciabilidad; el valor de este cociente es el Factor de Ejes Equivalentes.

Los parámetros empleados para el cálculo son los siguientes:

- Espesor de Losa (pulg.) = 12.00
- Índice de Serviciabilidad Inicial = 4.50
- Índice de Serviciabilidad Final = 2.50

- **Medición de pesos por ejes según tipo de vehículo**

Del censo realizado en campo se han obtenido resultados de los pesos por ejes y presión de inflado de los neumáticos, que permiten calcular los factores destructivos por cada tipo de vehículo como camiones de 2 ejes y, 3 ejes, y ómnibus y articulados. Teniendo presente la composición de los ejes en cada uno de ellos (Ejes simples, dobles o tándem, triples o tridem) y la composición vehicular que transitan en la carretera en estudio.

Esta muestra de vehículo es representativa de la clasificación vehicular utilizado en los conteos y que serán asignados a la vía en estudio para estimar el número de ejes equivalentes, la muestra obtenida de 20.0% es aceptable en comparación a la cantidad de vehículos de carga. Con la medición de cada eje (dato obtenido del censo de carga) y la presión de inflado del neumático (dato acopiado en campo durante el censo) se obtiene el factor destructivo por tipo de vehículo mostrado en los cuadros N° 32 al 35, ver también el anexo H respectivo donde se muestra el cálculo de cada categoría de vehículo y su factor destructivo, y en el Anexo I se presenta toda la información durante la actividad del censo

En relación con la estimación o cálculo del factor de eje equivalente de carga (EE) se presentan dos tipos de resultados:

- (a.) **EE con control**, es el obtenido en campo durante la actividad del censo de carga y tiene la información de pesos e inflados de los neumáticos según el acopio de los datos del campo; y
- (b.) **EE de norma**, el segundo es un dato de la norma establecida en el reglamento de vehículos de las Normas de peso y dimensiones para circulación en las carreteras de la Red Vial Nacional, según R.M. N° 375-1998-MTC/15.02. Estos datos de peso se aplican con la fórmula mostradas en los cuadros N° 11 y 12.

Para el cálculo de los ejes equivalentes acumulados, en los casos que no se tenga información sobre el EE con control del tipo de vehículo se va a emplear el EE de la norma, esto se debe a que durante la actividad del censo de carga no fue posible levantar el dato respectivo del vehículo en mención, pero si transita por la carretera.

Cálculo de Ejes Equivalentes de Carga - EAL (Equivalent Axle Load)

Para el cálculo del EAL se emplea la fórmula dada por el AASHTO

$$EAL = \sum_{i=1}^n (TPD_0)_i (FECV)(G)(D)(L)(365)(N)$$

Dónde:

$(TPD_0)_i$ = Número de vehículos inicial de tipo “i”

N = Período de diseño o vida útil del pavimento.

D = Factor direccional, se asume **0.50** para carreteras de una calzada y dos sentidos de circulación.

L = Factor de distribución del tránsito por carril, se asume **0.80**.

G = Factor de crecimiento

FECV = Factor de Ejes Equivalentes de Carga por Vehículo (FECV o EE)

Cuadro N° 13: Factores de distribución direccional y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño - AASHTO 1993

Numero de calzadas	Número de sentidos	Número carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc Carril diseño
1 calzada (para TPDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para TPDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Guía AASHTO 1993.

El factor de crecimiento del tráfico:

$$G = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}$$

r = tasa de crecimiento.

n = número de años.

Comportamiento de los factores de ejes equivalentes según metodología aplicada.

Las mayores cargas de ejes equivalentes son resultados de aplicar los pesos según la norma y reglamento de vehículos (sin control de cargas) en el caso del Método Simplificado del MTC. Y presenta menores ejes equivalentes de los datos tomados en campo del censo (con control de cargas), una de las razones de esta reducción se debe al promedio y frecuencia de vehículos encuestados.

ESTUDIO DE LA VELOCIDAD

Objetivos del estudio

Los objetivos del estudio de velocidad son:

- a) Evaluar y analizar el tiempo de viaje promedio que demora un vehículo en trasladarse de un punto a otro.
- b) Estimar la velocidad promedio de viaje por tipo de vehículo.
- c) Identificar las diferentes velocidades que adopta cada tipo de vehículo en el trayecto analizado.
- d) En base a las velocidades por cada tipo de vehículo (en campo), diseñar las velocidades para los carriles de sobrepaso.
- e) Establecer parámetros para la operación y el control de tránsito en el área del Estudio.

Los beneficios del mejoramiento de la carretera son básicamente el ahorro en los costos de operación y el tiempo de viaje. Estos ahorros se derivan de aumentos en la velocidad promedio de viaje. Para el presente estudio se ha empleado el Método de la observación de placas de circulación.

• Metodología para medir la velocidad

Para el tramo en estudio que tenga similar características, se ha seleccionado una sección vial con una longitud de 11 kilómetros, colocando una persona en cada extremo del mismo para cada sentido, un observador provisto de cronómetro y un anotador. Se sincronizan ambos cronómetros y a partir de cierto tiempo convenido los observadores anotan las placas de las matrículas de los vehículos que pasan frente a ellos y las lecturas de los cronómetros en esos momentos.

Cuadro N° 14: ubicación de la estación de control

Estación:	V1
Tramo:	Ruta PE-34A Yura – Patahuasi
Ubicación:	A una distancia aproxi de 10.5 Km. de la ciudad de Yura
Duración:	Entre 8:00 am a 4:00 pm un total de 8 horas
Fecha:	Domingo 20 de Enero del 2017 del 2015
Personal	2 técnicos por cada calzada, un total de 4 técnicos
Resultados Campo	Medición de velocidad por tipo de vehículo y de carga

Fuente: Elaboración Propia.

Los puntos ubicados para el control de velocidad están localizados de forma que no existan accesos o ingresos a la vía, como dispositivos de tránsito (semáforos, islas u otros) que permitan tener una velocidad libre de circulación y continua de un modo directo, simulando la circulación por un túnel.

• **Características generales de la toma de velocidades**

Los vehículos fueron clasificados según participación en la composición vehicular y según su circulación, así tenemos

- Automóviles
- Pick up
- Camioneta rural (combi
- Camiones de 2, 3 y 4 ejes
- Tráileres (Articulados)

Para el cálculo de la velocidad se procederá a computar y evaluar los resultados obtenidos en los trabajos de campo, hallándose las velocidades mediante la diferencia de tiempos de paso de los vehículos en las estaciones de control inicial.

ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2007).

En esta capítulo se realiza un análisis de la capacidad y el Nivel de Servicio estimado para el tramo del sector 4 Yura - Patahuasi. El procedimiento sigue la metodología establecida en HCM (2000).

Dos conceptos deben aclararse para comprender el análisis que aquí se realiza: **Capacidad** refleja la facultad de una infraestructura de transporte de acomodar un determinado flujo de vehículos máximo. Es una medida cuantitativa. **Nivel de servicio** es una medida de la calidad de la circulación individual promedio dentro del flujo. Es una medida cualitativa.

El análisis de capacidad también proporciona una forma de estimar el máximo flujo de vehículos a los que se puede dar servicio en una facilidad vial a la vez que se mantiene una calidad de circulación mínima deseada. Por lo tanto, la capacidad vehicular representa el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto dado durante un período de tiempo específico sometido a las condiciones prevalecientes de la carretera, la circulación y las condiciones de control en un ámbito definido de condiciones de circulación o servicio. Esta definición asume la inexistencia de influencias sobre la circulación del tránsito, provocadas por interferencias flujo abajo.

La definición de condiciones o calidades de servicio se consigue introduciendo el concepto de “Niveles de Servicio”. Se definen dominios de condiciones de servicio para cada tipo de facilidad vial y se relacionan con las cantidades de tráfico que son posibles dentro de cada nivel.

La definición de capacidad incluye:

- Las condiciones prevalecientes de la carretera deben ser razonablemente uniformes en el tramo a analizar. Se asume buen clima, buenas condiciones de la calzada y ausencia de incidentes de tránsito.

- La capacidad se refiere normalmente a un segmento uniforme de la infraestructura con condiciones uniformes de circulación. El segmento con peores condiciones determina la capacidad del conjunto de la carretera.
- Estadísticamente la capacidad incluye el concepto de “esperanza razonable”, es decir es un valor que puede alcanzarse repetidamente (no es el flujo máximo absorbible).

El concepto de “Nivel de Servicio” utiliza medidas cuantitativas para caracterizar la “calidad” de circulación percibida por los usuarios. La descripción de los distintos niveles de servicio se relaciona con determinados niveles asignados a las características o atributos que se suponen predominantes en la determinación de la calidad de circulación, tales como la velocidad o el tiempo de recorrido, la densidad vehicular, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la capacidad para absorber incidentes y otros factores vinculados con el confort. Habitualmente se consideran cinco niveles de servicio, definidos de acuerdo a las especificaciones siguientes, que incluyen aspectos cualitativos o subjetivos y aspectos cuantitativos.

Influencia de las condiciones de calzada y circulación

Los procedimientos de cálculo de la capacidad y de los niveles de servicio parten de la definición de las condiciones ideales de circulación, toda condición restrictiva frente a estas conduce a una caída en los volúmenes máximos admitidos.

Las condiciones ideales para estructuras de flujo ininterrumpido son:

- Ancho de carriles mayor o igual a 3.60 m
- Bermas con visibilidad en un ancho mayor o igual a 1.80 m
- No hay restricciones de adelantamiento
- Todos los carros son vehículos livianos de pasajeros (No hay vehículos pesados)
- No existen limitaciones al flujo vehicular como controles de tránsito o retorno de vehículos
- El terreno es plano (llano).
- Distribución direccional 50/50 (para análisis de ambas direcciones)

Sobre esta definición en condiciones ideales, existe una serie de factores correctivos que tienen en cuenta las condiciones geométricas reales y otras características del proyecto, pudiendo éstos afectar la capacidad o simplemente la eficacia (velocidad). Estas características se relacionan con:

- Tipo de vía y medio-ambiente urbano en que se desarrolla.
- Ancho de carril.
- Ancho de berma y distancia a los obstáculos laterales.
- Velocidad directriz de la carretera.
- Características de las alineaciones verticales y horizontales.
- Composición del tránsito por tipo de vehículo.

Definición de parámetros a emplear en el HCM 2000

El análisis del nivel de servicio y capacidad para los tramos de calzada simple se realizó con la metodología establecida en HCM 2000, que trata carreteras de un carril por sentido para segmentos direccionales. El Manual determina el nivel de servicio a través de la velocidad promedio de viaje y del porcentaje de tiempo en espera para sobrepaso, identificando a la carretera como **clase I**.

El análisis se realizó, en cada tramo, considerando la dirección de mayor tránsito por **segmentos direccionales**. Los porcentajes de direccionalidad se obtuvieron de los conteos. La metodología empleada requiere el conocimiento de diversos factores respecto a la demanda. A continuación, se enumeran dichos factores.

Definición de la Hora de Diseño: Todo análisis de Nivel de Servicio requiere de la determinación de la demanda en la hora de diseño. Para este proyecto se disponen de conteos semanales, a partir de los cuales se estimó la hora de diseño tomando la cuarta hora de mayor tránsito de la semana (que corresponde aproximadamente a la hora 200 de mayor tránsito del año, bajo la hipótesis de que la semana de conteos es representativa del patrón anual de la demanda).

Factor hora pico (FHP): tiene en cuenta el hecho que, durante la hora pico, el flujo de tránsito no es uniforme a lo largo de toda la hora, sino que presenta una distribución con

picos y valles. Así, el FHP representa la relación entre el flujo medio de vehículos en la hora y el flujo medio de vehículos en los 15 minutos pico de la hora, expresados ambos flujos en unidades equivalentes. El factor utilizado en este análisis fue de 0.88, consecuente con las recomendaciones del HCM (ver anexo G). Como se trata de evaluar la capacidad de una nueva carretera se emplea este valor.

Factor tipo de conductor (FP): presupone que los conductores habituales, al conocer mejor la facilidad vial, pueden responder mejor a los interrogantes que plantea la conducción de un vehículo. Por otra parte quienes son usuarios poco frecuentes no están en condiciones de ofrecer una respuesta similar. Si se considera una preponderancia de usuarios habituales, el factor a utilizar es igual a la unidad.

Factor de vehículos pesados (FHV): es el factor más significativo desde el punto de vista de la capacidad ya que tiene en cuenta el hecho de que un vehículo pesado equivale a más de un automóvil en términos de ocupación de capacidad remanente. En terrenos ondulados (tramo básico) el manual de capacidad norteamericano considera que un vehículo pesado equivale a 2.5 automóviles, mientras que en un tramo básico un vehículo pesado equivale a 1.5 automóviles. En los tramos críticos se consideraron los factores de equivalencia que corresponden a la combinación de pendiente y longitud de rampa más desfavorable en cada tramo.

Estos factores aplicados a los datos de tránsito, permiten calcular el volumen equivalente por carril, luego la velocidad y finalmente el tiempo de demora, que indica el límite entre los Niveles de Servicio descritos anteriormente.

- **Características viales del PVN del tramo Yura – Patahuasi**

El trayecto está diseñado para un carril por sentido (dos carriles), ubica en un ámbito suburbano, considera vía rápida interurbana con acceso controlado y flujo ininterrumpido, es de **tipo de carretera de clase I**, es decir carretera en la cuales los conductores esperan viajar a velocidades altas, incluyen las carreteras troncales y arteriales primarias.

Como fue mencionado anteriormente, las condiciones de la calzada y circulación tienen una fuerte influencia en el estudio de la capacidad y el nivel de servicio. Por tratarse de una carretera en zona accidentada y ondulada, la velocidad promedio de

viaje y el tiempo de demora son variables críticas en la calidad de la circulación, por lo cual se analizó el camino como clase I en la tipología del Manual de Capacidad. En este caso, los datos geométricos relevantes son las características de la vía y el porcentaje de zonas en las que no está permitido el sobrepaso, ver cuadro N° 40.

Para evaluar el nivel de servicio del tramo Yura - Patahuasi se estimó en 8.0% la hora punta del día basándose en el trabajo de campo y cálculo del comportamiento horario del flujo vehicular.

Cuadro 15: Datos de entrada para el análisis del HCM, 2000.

Datos requeridos	Valores a emplear
Oferta vial	
Número de carriles	Un carril por sentido
Ancho de la calzada	3.60 m
Ancho de la berma	1.20 m
Densidad de puntos de acceso	Menos de 3
Pendiente o terreno en general	Accidentado y ondulado
Porcentaje de zona de no adelantamiento	60 %
Base de velocidad de diseño	60 Km./hora
Demanda	
Longitud del periodo de análisis	15 minutos
Factor hora de diseño	8.0%
Factor hora pico (FHP)	0.88
Distribución por sentido	50/50 similar al porcentaje de campo
Participación de vehículo pesado (%)	Mayor del 60% según trabajo de campo

Nota: Elaboración Propia, basándose del Estudio de Trafico y del diseño geométrico de la carretera

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Tráfico: Movimiento o tránsito de personas y circulación de vehículos que pasan por una calle, una carretera y caminos.

Tránsito: Se entiende por tránsito al flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular. Lugar por donde se pasa de un sitio a otro.

Estudio de Tráfico: El estudio de tráfico cuantifica, clasifica y conoce el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, así como también estimar el origen – destino

de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y las características de diseño de cada tramo de la carretera.

Volumen de Tránsito: Volumen de tránsito viene a ser el número de vehículos que pasa por encima de un perfil determinado o carretera durante un periodo específico de tiempo.

Composición del Tránsito: Vehículos pesados o de transporte público expresados como un porcentaje del volumen horario de diseño, está dado como una relación peso/potencia.

Volumen Horario: Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo de 60 minutos.

Composición de los Volúmenes: Los volúmenes de tránsito están compuestos por unidades muy heterogéneas, cuyas características afectan al flujo de tránsito e intervienen en el diseño geométrico y estructural de las vías.

Tramo homogéneo: Es la sección de la carretera con características geométricas o volumen de tránsito similar.

Intensidad o Volumen Medio Diario Anual: Es el volumen total de vehículos que pasa por una sección o carretera, dividido por 365.

Velocidad: la velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda recorrerlo, generalmente se expresa en km/h.

Velocidad de punto: Es aquella velocidad cuando un vehículo recorre distancia relativamente pequeñas en la vía.

Densidad: Números de vehículos que ocupan un tramo de longitud dado de una carretera.

Tiempo de recorrido: Se define como el tiempo utilizado para recorrer un tramo de la vía o carretera.

Velocidad media de recorrido: Se define como el promedio de las velocidades de una muestra representativa de vehículos que recorren cualquier tramo de la carretera.

Velocidad libre: Se define como la velocidad adoptada por el conductor de los vehículos que circulan sin ningún impedimento por parte del tránsito.

Eje: Se define como barra, varilla o pieza similar que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve de sostén en el movimiento.

2.4. Hipótesis de Investigación

La presente investigación dada su naturaleza, no elabora hipótesis

2.5. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Estudio de Tráfico	El estudio de tráfico vehicular se define como el conteo vehicular y la determinación de encuesta origen – destino de los vehículos, así como estimar las proyecciones de tráfico, los ejes equivalentes, velocidad y la capacidad y niveles de servicio para la evaluación económica y la determinación de las características de diseño cada tramo de la carretera.	Conteo vehiculares	<ul style="list-style-type: none"> • Conteo volumétrico • Clasificación • Pesaje
		Encuesta origen - Destino	<ul style="list-style-type: none"> • Estación • Ubicación • Duración • Tipo de vehículo • Ocupación por vehículo
		Proyecciones de tráfico	<ul style="list-style-type: none"> • Tasas de generación de viajes. • Elasticidad
		Ejes equivalentes	<ul style="list-style-type: none"> • Método Simplificados del MTC • Método AASHTO 1993
		Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación vehicular • Velocidad promedio de viaje
		Capacidad y niveles de servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad • Nivel de servicio • Parámetros • Análisis del HCM, 2000

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. DISEÑO METODOLOGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación según Lattore (1996) citado por cordova (2013) es

- Según su finalidad es aplicativa.
- Según su alcance temporal es longitudinal
- Según su nivel o profundidad es explicativa
- Según su carácter de medida es cuantitativa.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según Hernández, Fernández y Batiptas (2010) el diseño de investigación es descriptivo por qué consiste describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La población está constituida por la carretera Yura – Peaje Patahuasi, tramo de la de la ruta Nacional PE – 34A.

3.2.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 4,092 vehículos para el TPDA y 1,031 vehículos para la encuesta origen destino que pasan por el tramo Yura – Peaje Patahuasi, ruta Nacional PE – 34A.

3.3.TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos es un conjunto de procedimientos y herramientas para recoger, validar y analizar la información necesaria que permitió lograr los objetivos de la investigación, en nuestro trabajo utilizamos la encuesta.

3.4.TÉCNICA PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó Excel 2013, con el fin de comprobar nuestros objetivos planteados.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE CONTEO DE VEHICULOS

Para el cálculo del factor de corrección mensual (FCm), se obtuvo de los datos proporcionado por la Dirección de Inversiones - OGPP - MTC para el periodo 2011-2013 de los peajes concesionados **Peaje Uchumayo y Patahuasi a la COVISUR** ubicados sobre la ruta PE-34A del corredor vial Interoceánico Sur en el tramo de la carretera variante Uchumayo y el otro en el tramo Yura - Patahuasi. Siguiendo la fórmula descrita en el capítulo III y que es empleada para los diversos estudios de transportes se obtiene el factor mostrado en el cuadro N° 16.

Cuadro N° 16 Factores de Corrección del peaje Patahuasi, periodo 2011-2013.

Mes	2011			2012			2013		
	TOTAL	Ligeros	Pesados	TOTAL	Ligeros	Pesados	TOTAL	Ligeros	Pesados
Enero	60,581	21,457	39,124	68,688	25,264	43,424	78,403	31,764	46,639
Febrero	53,757	19,436	34,321	66,888	26,852	40,036	76,278	33,622	42,656
Marzo	58,903	20,134	38,769	64,499	22,145	42,354	77,130	31,990	45,140
Abril	60,386	22,494	37,892	65,978	25,623	40,355	74,302	28,506	45,796
Mayo	59,105	20,868	38,237	66,226	25,211	41,015	79,785	32,582	47,203
Junio	59,101	21,521	37,580	66,456	24,582	41,874	76,850	31,625	45,225
Julio	70,611	28,923	41,688	76,390	31,014	45,376	85,453	36,393	49,060
Agosto	76,874	31,914	44,960	88,306	38,404	49,902	91,965	39,926	52,039
Septiembre	67,026	23,580	43,446	77,309	28,952	48,357	79,819	30,845	48,974
Octubre	74,229	26,619	47,610	83,172	31,563	51,609	84,583	28,975	55,608
Noviembre	68,952	24,208	44,744	79,114	29,743	49,371	84,509	28,379	56,130
Diciembre	71,459	25,529	45,930	81,604	31,576	50,028	86,921	30,284	56,637
Promedio	65,082	23,890	41,192	73,719	28,411	45,308	81,333	32,074	49,259

Mes	2011-2013			Factor de Corrección	
	TOTAL	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados
Enero	207,672	78,485	129,187	1.0750	1.0509
Febrero	196,923	79,910	117,013	1.0559	1.1602
Marzo	200,532	74,269	126,263	1.1361	1.0752
Abril	200,666	76,623	124,043	1.1012	1.0945
Mayo	205,116	78,661	126,455	1.0726	1.0736
Junio	202,407	77,728	124,679	1.0855	1.0889
Julio	232,454	96,330	136,124	0.8759	0.9973
Agosto	257,145	110,244	146,901	0.7654	0.9242
Septiembre	224,154	83,377	140,777	1.0120	0.9644
Octubre	241,984	87,157	154,827	0.9681	0.8768
Noviembre	232,575	82,330	150,245	1.0248	0.9036
Diciembre	239,984	87,389	152,595	0.9655	0.8897
Promedio	220,134	84,375	135,759	1.0115	1.0083

Nota: Direcciones de Inversiones - OGPP - MTC.

Siendo el principal objetivo del factor de corrección eliminar el factor de estacionalidad que afecta los movimientos de carga y pasajeros. El factor de estacionalidad está definido por diversos factores exógenos, por ejemplo: feriados largos o épocas de vacaciones para el caso de movimientos de pasajeros, épocas de cosecha y factores climáticos para el transporte de carga, entre otros. Este Factor de Corrección Estacional (FCE) se emplea para determinar el TPDA de los flujos contabilizados (aforos) en el presente estudio para cada tipo de tramo, en la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos.

Conteos volumétricos y clasificación vehicular

Efectuados los aforos vehiculares, se consolidó y revisó la consistencia de los datos recopilados en campo, por estación y día de conteo, determinando el volumen promedio semanal (TPDs), posteriormente para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDa), se aplicó al TPDs empleando el factor de corrección mensual del mes del aforo (Enero).

Tramo 1: Yura – Peaje Patahuasi

El TPDA es de 4,092 vehículos por día, compuesto por 49.5% vehículos ligeros y 50.5% vehículos pesados, sobresaliendo la presencia de los semi tráileres (3S3) para el transporte de carga con una circulación de 1,226 vehículos por día que representa el 30.0% del tráfico

total. A nivel de vehículo liviano automóvil y pick up que son empleado para el transporte directo de pasajeros hacia el ingreso y salida a la ciudad de Arequipa, como de Yura transitan un total de 824 (20.1%) y 592 (14.5%) vehículos por día, y el transporte en conjunto de buses sumados los 3 tipos transitan un total de 405 (9.9%) vehículos por día respectivamente. Ver detalle del volumen de tráfico en el tabla N° 02 y figura N° 12

Tabla 2 : TPDA por clasificación vehicular - Tramo 1.

Tipo de vehículo	TPDA 2017		Por tipo de vehículos	
	Flujo	%	Flujo	%
Auto	824	20.1%		
Station Wagon	64	1.6%		
Pick Up	592	14.5%	2,026	49.5%
Camioneta Rural (Combi)	507	12.4%		
Microbús	39	1.0%		
Bus 2E	176	4.3%		
Bus 3E	190	4.6%		
Bus 4E	39	1.0%		
Camión 2E	274	6.7%	2,066	50.5%
Camión 3E	98	2.4%		
Camión 4E	38	0.9%		
Semi tráileres	1,226	30.0%		
Tráileres	25	0.6%		
Total TPDA =	4,092	100.0%		

Nota: Elaboración Propia (Censo vehicular realizado entre 13 al 19 de Enero del 2017)

Por esta vía se realiza el transporte en camioneta rural (combis) y ocasionalmente en microbús los pobladores residentes de las localidades de Chivay y Caylloma, en el entorno de la provincia de Caylloma como de la sierra alta de la provincia Castilla.

Los buses de pasajeros son el vehículo de transporte del personal de las diversas mineras ubicadas en Arequipa (Caylloma y Orcopampa), Apurímac (Cotabambas y Antabambas) y Cuzco (Espinar y Chumbivilcas) empleando buses de la empresa de Transportes y Turismo Reyna SRL, Transporte JULSA, Expreso San Román, entre otras; su frecuencia es diaria y por la mañana.

Además, para el transporte provincial se integran las provincias de Arequipa – Caylloma – Castilla dentro de la región de Arequipa. Como entre las regiones de la macro sur de Apurímac – Cuzco – Madre de Dios – Puno – Arequipa. En total se tiene a 6 empresas de transportes que realizan estos viajes con una frecuencia diaria de aproximadamente de 4 viajes en cada destino.

La actividad minera es reflejada en el transporte de minerales (zinc, cobre, plata y otros) en convoy de vehículos 3S3 tolvas hacia el puerto Matarani para su embarque. Como también de los insumos (combustible, productos químicos, alimentos) que requieren en la explotación del mineral. Las mineras (en producción) que emplean este trayecto hacia el puerto son:

- + Región Apurímac: Las Bambas,
- + Región Cuzco: La Constancia, Antapaccay, Tintaya.
- + Región Puno: Caracoto.
- + Región Arequipa: Ares, Arcata, Suykutambo.

Desde Yura se ubica la cementera con el mismo nombre, comercializa su producto hacia Ñapari y Desaguadero con destino final a Bolivia, también tiene centros de comercio en Cuzco y Puno donde al por menor se distribuya a localidades de las regiones.

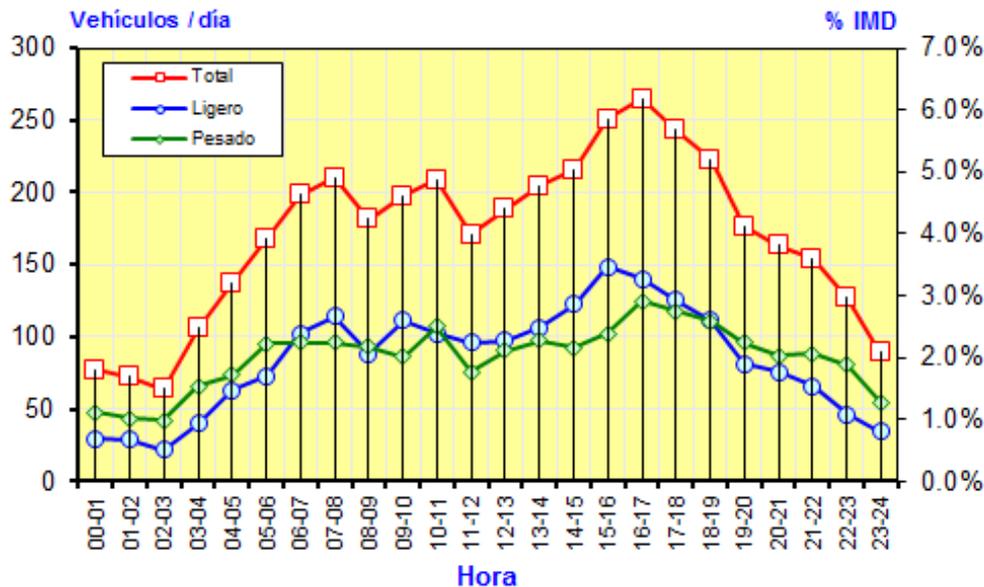


Figura 12: Variación horaria según tramo 1

Nota: Elaboración propia

El flujo del transporte pesado es quien incide en el tráfico durante las 24 horas. Teniendo una mayor circulación generalmente por las mañanas (desde 6:00 am a 6:00 pm.) con 2,534 vehículos por día que representa el 61.9% del tráfico total. Los días Viernes y Sábado son los más cargados durante la semana, siendo similar el comportamiento del tránsito vehicular por cada sentido ver la figura N° 13 y 14.

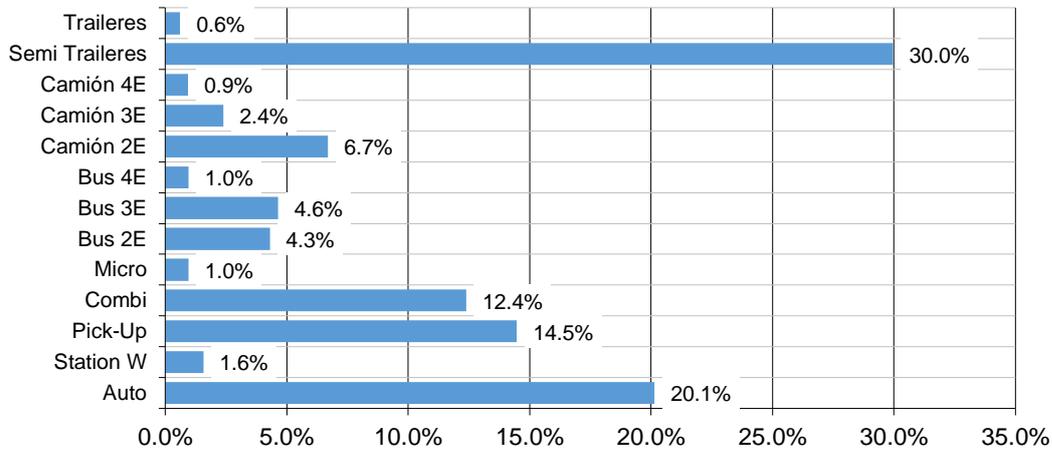


Figura 13 : Participación del IMDA por vehículo - Tramo 1

Nota: Elaboración propia

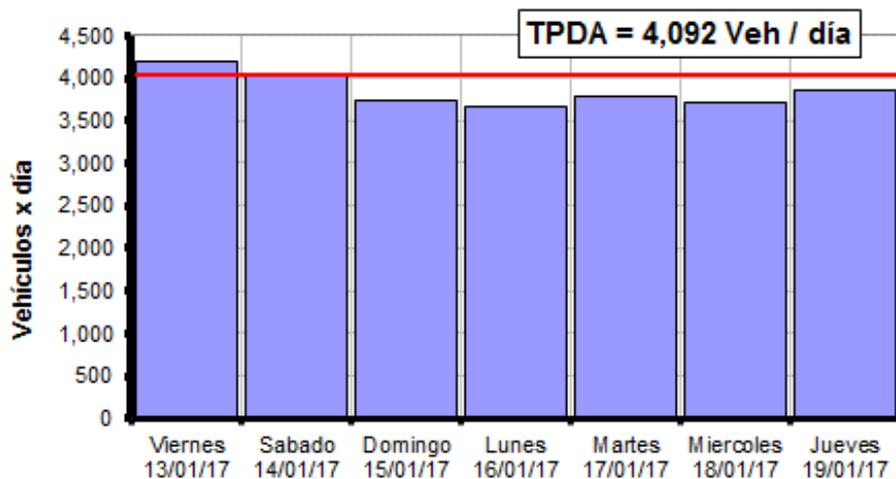


Figura 14 Flujo de vehículos por día de la semana - Tramo 1

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 3: TPDA - Tramo I: Yura - Peaje Patahuasi (flujo de ambos sentidos)

Día	Auto	Camionetas			Micro	Buses			Camión				Semi Tráiler			Tráiler				TOTAL	
		SW	PickUp	Combi		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3		3T2
Flujo procedente de Yura - Peaje Patahuasi																					
Viernes 13/01/17	414	33	266	222	24	82	91	18	164	65	27	1	7	24		18	595	1	2	4	2,058
Sábado 14/01/17	419	40	264	228	15	81	89	21	120	37	14		2	15		18	575		3	4	1,945
Domingo 15/01/17	424	33	213	255	19	83	97	14	86	32	7		2	13		13	456	1	5	6	1,759
Lunes 16/01/17	391	27	295	243	22	98	89	16	102	40	13	3	10	15		21	471		1	7	1,864
Martes 17/01/17	291	28	271	208	16	81	89	16	165	57	26		1	10	2	25	605	3	8	4	1,906
Miércoles 18/01/17	350	29	291	195	18	74	91	15	140	33	18			11		16	564	2	7	6	1,860
Jueves 19/01/17	319	21	262	210	22	84	89	18	150	52	30		6	16	1	31	592	4	5	14	1,926
Total	2,608	211	1,862	1,561	136	583	635	118	927	316	135	4	28	104	3	142	3,858	11	31	45	13,318
Promedio	372.57	30.14	266.00	223.00	19.43	83.29	90.71	16.86	132.43	45.14	19.29	0.57	4.00	14.86	0.43	20.29	551.14	1.57	4.43	6.43	1,902.57
FCE			1.075										1.051								
TPDA (entero)	401	32	286	240	21	88	95	18	139	47	20	1	4	16		21	579	2	5	7	2,022
Flujo procedente de Peaje Patahuasi - Yura																					
Viernes 13/01/17	444	25	357	267	15	99	91	16	149	62	18		5	14		22	547		2	5	2,138
Sábado 14/01/17	472	17	288	308	24	79	91	26	118	39	13		5	13	1	15	554	2	3	4	2,072
Domingo 15/01/17	472	41	263	256	14	72	92	25	127	48	9			13	1	15	522	1	4	13	1,988
Lunes 16/01/17	337	45	249	255	16	98	93	21	118	48	15		2	6		12	471	1	2	6	1,795
Martes 17/01/17	306	31	277	210	15	84	96	12	118	44	28	1	2	9		18	612	2		6	1,871
Miércoles 18/01/17	322	20	252	219	14	83	79	19	131	56	18			17	2	12	595		6	9	1,854
Jueves 19/01/17	405	25	309	222	21	77	86	21	136	43	20	1	4	12		26	499	2	7	5	1,921
Total	2,758	204	1,995	1,737	119	592	628	140	897	340	121	2	18	84	4	120	3,800	8	24	48	13,639
Promedio	394.00	29.14	285.00	248.14	17.00	84.57	89.71	20.00	128.14	48.57	17.29	0.29	2.57	12.00	0.57	17.14	542.86	1.14	3.43	6.86	1,948.43
FCE			1.075										1.051								
TPDA (entero)	424	31	306	267	18	89	94	21	135	51	18		3	13	1	18	570	1	4	7	2,071
Flujo total Ambos																					
Viernes 13/01/17	858	58	623	489	39	181	182	34	313	127	45	1	12	38		40	1,142	1	4	9	4,196
Sábado 14/01/17	891	57	552	536	39	160	180	47	238	76	27		7	28	1	33	1,129	2	6	8	4,017
Domingo 15/01/17	896	74	476	511	33	155	189	39	213	80	16		2	26	1	28	978	2	9	19	3,747
Lunes 16/01/17	728	72	544	498	38	196	182	37	220	88	28	3	12	21		33	942	1	3	13	3,659
Martes 17/01/17	597	59	548	418	31	165	185	28	283	101	54	1	3	19	2	43	1,217	5	8	10	3,777
Miércoles 18/01/17	672	49	543	414	32	157	170	34	271	89	36			28	2	28	1,159	2	13	15	3,714
Jueves 19/01/17	724	46	571	432	43	161	175	39	286	95	50	1	10	28	1	57	1,091	6	12	19	3,847
Total	5,366	415	3,857	3,298	255	1,175	1,263	258	1,824	656	256	6	46	188	7	262	7,658	19	55	93	26,957
Promedio	766.6	59.3	551.0	471.1	36.4	167.9	180.4	36.9	260.6	93.7	36.6	0.9	6.6	26.9	1.0	37.4	1,094.0	2.7	7.9	13.3	3,851.0
FCE			1.075										1.051								
TPDA	824.1	63.7	592.4	506.5	39.2	176.4	189.6	38.7	273.8	98.5	38.4	0.9	6.9	28.2	1.1	39.3	1,149.7	2.9	8.3	14.0	4,092

Nota: Elaboración Propia (Conteo vehicular realizado entre 13 al 19 de Enero del 2017).

Tabla 4 TPDA curva horaria - Tramo 1: Yura - Peaje Patahuasi (flujo de ambos sentidos)

Hora	Auto	Camionetas				Buses			Camión			Semi Tráiler					Tráiler				TOTAL	%	
		WS	Pick-Up	Combi	Micro	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
00 - 01	13	1	8	8	0	3	5	1	10	4	2				1	21			1	1	77	1.9%	
01 - 02	11	2	8	7	1	7	2	1	13	4	2			1	1	13			0	0	72	1.8%	
02 - 03	9	1	6	7	0	6	4	1	11	2	1			1	0	16			0	1	64	1.6%	
03 - 04	15	2	14	8	2	9	10	3	11	2	2	0	0	1	0	26	0		1	1	106	2.6%	
04 - 05	23	2	18	20	2	10	10	1	9	3	1			1		38			0	0	137	3.4%	
05 - 06	32	2	22	15	2	8	11	3	11	5	2		1	1	2	50	0		0	1	168	4.1%	
06 - 07	40	4	32	23	4	5	11	4	11	5	2	0	1	1	0	53	0		0	1	199	4.9%	
07 - 08	45	3	42	22	3	3	8	1	11	4	1		1	1	2	62	0		0	0	210	5.1%	
08 - 09	37	4	28	19	1	6	6	1	7	4	1		0	2	3	63	0		0	1	181	4.4%	
09 - 10	46	4	30	29	2	7	5	2	8	3	1			2	2	55			1	1	198	4.8%	
10 - 11	42	3	32	24	2	6	8	0	7	4	1		0	1	0	76			0	1	209	5.1%	
11 - 12	41	3	28	24	1	6	5	0	6	3	2		1	1	1	51			0	0	171	4.2%	
12 - 13	41	2	27	26	1	9	6	0	8	5	0		0	0	2	59				0	188	4.6%	
13 - 14	41	2	35	28	1	9	6	1	12	4	1		0	1	1	62	0		1		205	5.0%	
14 - 15	51	3	37	29	2	6	7	1	13	4	1		0	1	0	59				0	216	5.3%	
15 - 16	62	4	38	43	2	7	8	1	14	7	2		0	3	2	58			1	1	251	6.1%	
16 - 17	57	5	37	40	2	10	7	1	16	5	3	0	0	2	2	77			1	0	264	6.5%	
17 - 18	52	4	38	28	3	7	8	1	14	6	4	0	1	2	0	73			0	1	243	5.9%	
18 - 19	45	4	34	27	2	14	7	2	14	5	3		1	2	0	58	1		1	1	223	5.4%	
19 - 20	34	3	23	20	2	12	4	2	18	5	2		0	2	2	47	1			1	177	4.3%	
20 - 21	33	2	18	22	2	9	9	2	15	4	2			0	1	44			1	0	163	4.0%	
21 - 22	24	3	18	20	2	5	19	4	15	4	2		0	2	0	34	0		0	1	154	3.8%	
22 - 23	18	2	14	11	1	7	11	6	14	4	0			1	2	35	0		0	2	127	3.1%	
23 - 24	16	2	9	7		6	12	2	10	2	0	0	0		1	20	0			1	89	2.2%	
TOTAL	824	64	592	507	39	176	189	39	274	98	38	1	7	29	1	39	1,149	3	8	14	4,092	100.0%	
%	20.1%	1.6%	14.5%	12.4%	1.0%	4.3%	4.6%	1.0%	6.7%	2.4%	0.9%	0.0%	0.2%	0.7%	0.0%	1.0%	28.1%	0.1%		0.2%	0.3%		

Nota: Elaboración Propia (Conteo vehicular realizado entre 13 al 19 de Enero del 2017).

Análisis comparativo con los resultados del estudio del perfil

Los flujos son similares en los conteos del año 2015 y 2017, hubo una reducción de menos de 1%, que puede ser explicada por la fechas de toma de los datos o por los factores de corrección. En cambio, si hay modificación en la composición de vehículos, donde la presencia de los camiones de 2, 3 y 4 ejes ha crecido significativamente, del mismo modo los vehículos ligeros y los buses de transporte de personal, ver tabla N° 05.

Una reducción muy importante ha sido en el tipo de vehículo station wagon (colectivos), microbús y tráileres; donde los flujos se han reducido. Esta caída en el flujo puede deberse a la búsqueda de nuevos tipo de vehículos de transporte de pasajeros, a diferencia de los tráileres cuya baja se debe a que las mineras han dejado de producir debido a conflictos sociales locales y a la baja de los precios en el mercado internacional.

Tabla 5: Análisis de tráfico por cada estudio realizado

Tipo de vehículo	TPDA 2017 ^{1/}		TPDA 2015 ^{2/}		Variación 2017 - 2015	
	Flujo (N°)	%	Flujo (N°)	%	Absoluto (N°)	Var. %
Auto	824		651		173	26.6%
Station Wagon	64		682		-618	-90.6%
Pick Up	592	49.5%	529	54.7%	63	11.9%
Combi	507		240		267	111.3%
Micro	39		153		-114	-74.5%
Bus 2E	176		32		144	450.0%
Bus 3E	190		275		-85	-30.9%
Bus 4E	39		112		-73	-65.2%
Camión 2E	274		34		240	705.9%
Camión 3E	98	50.5%	2	45.3%	96	4800.0%
Camión 4E	38		7		31	442.9%
Semi tráileres	1,226		1,391		-165	-11.9%
Tráileres	25		16		9	56.3%
TPDA Total =	4,092		4,124		-32	-0.8%

Nota: Elaboración Propia (1/ Conteos realizados entre el 13 al 19 de Enero del 2017

2/ Conteos realizados entre el 10 al 16 de Noviembre del 2015)

4.2. RESULTADOS ENCUESTA ORIGEN - DESTINO

El nivel de ocupación por tipo de vehículos de transporte de pasajeros es mostrado en la tabla N° 06. Siendo los ómnibus los vehículos que mayor pasajeros moviliza, con un total de 40 pasajeros, le sigue la camioneta rural con 9 pasajeros, microbús con 14 pasajeros que hacen la movilidad entre los poblados y distritos del área de influencia directa de la ciudad de Arequipa hacia el trayecto de Yura - Patahuasi con dirección a las localidades de las regiones de Apurímac, Cuzco, Madre de Dios y Puno.

Tabla 6: Nivel de ocupación por tipo de vehículos.

Tipo de vehículo	Estación		Ocupación x vehículo
	Pasajeros	N° vehículos	
Autos	163	56	3
Pick up	202	63	3
Station Wagon	35	10	4
Combis	247	28	9
Microbús	271	19	14
Buses	3,198	80	40
Camiones	261	156	2
Articulados	675	619	1
Totales =	5,052	1,031	

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

Los vehículos como el automóvil, pick up y station wagon (camioneta) tienen una ocupación de pasajeros en promedio de 3 (a parte del conductor), es decir se movilizan completos hacia y desde la ciudad de Arequipa, principal centro de atracción y destino final de los viajes de esta zona que son mayormente viajes inter-regionales y provinciales. Del mismo modo, los buses de transporte de pasajeros y personal de las mineras que van ocupados totalmente, en promedio más de 40 pasajeros.

Para el transporte de carga el comportamiento de pasajeros es de 2 personas por vehículo que representa el conductor y un estibador que ayuda a manipular la mercancía transportada en el caso del empleo de camiones. A diferencia de los tráileres (tolvas) donde

va un conductor con origen - destino definido asentamiento minero – puerto Matarani en el caso de las mineras que representan el 80% de los viajes, ver los resultados en la tabla N° 06.

De cada 10 vehículos que circula por los diversas redes viales del área de influencia de la carretera en estudio, 9 consumen petróleo y 1 gasolina en promedio y otro gas. Siendo los vehículos de transporte de pasajeros (buses) y camionetas (station wagon) y pick up los que emplean mayormente petróleo y solamente los autos tienen el cambio a gasolina o gas.

Generalmente, el transporte de carga utiliza como combustible el petróleo.

La edad promedio del parque automotor del global de vehículos es relativamente nueva, con una participación del 72.4% para vehículos menores de 7 años (entre 2010 al 2017), esto significa que los vehículos que circulan tendrían una vida útil menor a los 10 años. Y mayores a 10 años se tiene el 27.6% del parque automotor. Este indicador nos manifiesta un mercado de transporte de pasajeros con poca antigüedad y una alta participación de vehículos modernos en el transporte de pasajeros y mercancías en general, ver cuadro N° 15.

Tabla 7: Edad del parque automotor

Quinquenio	Tipo de vehículo			Total de vehículos	%
	Ligero	Buses	Pesado		
1975 - 1979					
1980 - 1984	2		4	6	0.6%
1985 - 1989			18	18	1.7%
1990 - 1994	5	1	26	32	3.1%
1995 - 1999	17	12	34	63	6.1%
2000 - 2004	6	6	21	33	3.2%
2005 - 2010	19	28	86	133	12.9%
2010 - 2015	96	28	422	546	53.0%
2015 a +	31	5	164	200	19.4%
Totales	176	80	775	1,031	
%	17.1%	7.8%	75.2%		

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

Es decir, de cada 10 vehículos más de 7 están con una antigüedad menor a los 10 años en promedio. Este indicador es muy importante ya que hablamos de una flota operativa de vehículos que prestan el servicio de transporte interprovincial como distrital de

pasajeros como del transporte de carga inter-regional desde y hacia la provincia y región de Arequipa.

Este indicador nos manifiesta un parque automotor de pasajeros y carga con escasa antigüedad y una alta participación de vehículos modernos como medio de transporte de pasajeros (buses) y mercancías (tráileres), del mismo modo el comportamiento de los vehículos ligeros, ver tabla N° 06.

El comportamiento del flujo de los vehículos pesados está relacionado a dos variables a ser tomados en cuenta:

- i.) estado de la carga, y
- ii.) tipo de producto que transporta.

El estado de carga es un indicador de los viajes generados según el tipo de mercancía y vehículo empleado, desde un origen y destino determinado que abastecerá a un mercado local, regional o internacional, vía el empleo de un puerto marítimo.

Generalmente la carga transportada en esta parte de la carretera es un estado de carga llena (61.2%) y en estado vacío (36.3%), teniendo en cuenta el momento de la encuesta y la casuística de la toma de datos a los vehículos. Así en la carretera Yura – Patahuasi en promedio de cada 10 vehículos que circulan, seis (6) van llenos, uno (1) semi lleno y tres (3) vacíos, resultados mostrados en la tabla N° 08.

Tabla 8: Estado de la carga transportada

Tipo de vehículo	Carretera Yura - Patahuasi				Total	%
	Lleno	Semi lleno	Vacío			
Camión 2E	46	11	47	104	13.4%	
Camión 3E	16	3	19	38	4.9%	
Camión 4E	5		9	14	1.8%	
2S2	3	1	2	6	0.8%	
2S3	9		3	12	1.5%	
3S2	11		4	15	1.9%	
3S3	375	4	193	572	73.8%	
3T2	1		2	3	0.4%	
3T3	8	1	2	11	1.4%	
Totales =	474	20	281	775		
%	61.2%	2.6%	36.3%			

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

El comportamiento del tráfico del transporte pesado está relacionado a su carga y al vehículo empleado en su transporte, aunado al trayecto de los viajes que son inter regionales. Generalmente el vehículo empleado para el transporte de productos minerales (cobre, zinc, plomo, plata) desde las mineras son los semi tráileres, 3S3, con una carrocería tipo tolva, que se exportan al mercado externo vía el puerto Matarani. En este caso, el semi tráiler realiza un viaje vacío para recoger carga y otro lleno para dejar en el puerto este tránsito se efectúa en la carretera del tramo Yura – Peaje Patahuasi.

El comercio en los mercados locales y al interior de la región de Arequipa y entre sus provincias, el vehículo utilizado es el camión de 2 ejes para el transporte de carga pequeña (menor a 5 TN) por el costo del flete y la mercancía que transporta a los diversos mercados de sus localidades ubicadas en la sierra alta. Generalmente los camiones son empleados para el mercado local, abasteciendo de producto de pan llevar y abarrotos hacia los centros poblados, distritos y provincias de la región, ver la tabla N° 08.

En este tramo de Yura – Peaje Patahuasi es un trayecto del camino con dirección a diversas unidades mineras de producción ubicadas en Apurímac, Cuzco, Madre de Dios y Puno. Sirviéndose de este tramo para el transporte de sus minerales hacia el puerto Matarani viajes que se realizan en convoy de 10 a 15 vehículos, como de los insumos directos de la mina y la alimentación y vestimenta de sus trabajadores. Del mismo modo, desde Bolivia se transporta la harina de soya tanto para el mercado local y externo, los viajes que se realizan es encontrar 1 a 2 tráileres durante el día.

La característica de la mercancía o producto transportado está muy relacionada a la operación de las unidades mineras principalmente:

- (a.) El transporte de productos líquidos relacionado al combustible (petróleo, gasolina, lubricantes, otros) es mediante el empleo de camiones cisternas que circulan mayormente con dirección a las mineras y la cementera.

- (b.) Hacia la cementera Yura se transporta cal para la producción de cemento, y se comercializa cemento hacia Bolivia mercado principal y al resto de localidades de las regiones, empleando para ello el tráiler 3S3.
- (c.) El transportes de productos de pan llevar que abastecen a las diversas ciudades mineras (frutas, verduras, papa, legumbres, aceites, arroz, menestras, otros) es mediante el empleo de camiones de 2 y 3 ejes. Así mismo de frutas (naranja, papaya y otros) proceden desde los mercados locales de Arequipa.
- (d.) El tráiler 3S3 con carrocería tipo tolva es empleado para el transporte del mineral, insumos y residuos desde las unidades de producción hacia el puerto Matarani, y desde los diversos mercados hacia los asentamientos mineros. Estos viajes representan el 73.8% del tráfico total, se estima que circulan convoy de 10 vehículos con una frecuencia diaria desde las diversas unidades de producción minera.
- (e.) El abastecimiento de cartonones, cajas de madera, jvas de plástico, varillas de acero, ganado a pie, parihuela de madera y otras mercancías relacionados al envase y movilización de los productos mineros es transportada generalmente en semi tráiler 3S3 hacia el puerto Matarani. También, se emplea para el transporte de la harina de soya, cemento, cal, cervezas y materiales de construcción hacia sus destinos finales.
- (f.) Los viajes de los vehículos con el estado de la carga vacía es significativa, siendo muy importante la participación del tráiler 3S3 (tolva), en el tráfico total, cuando regresa del puerto hacia las minas, del mismo modo hacia la cementera Yura y los productos comercializados desde Bolivia.

Tabla 9: Productos de mayor comercialización.

Productos Varios	Camiones			Semi tráileres				Tráileres		Total	%
	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	3T2	3T3		
Abarrotes	6					2	3			11	1.4%
Agua	3									3	0.4%
Alcachofa en jvas	1	1					1			3	0.4%
Alimento balanceado			2				1		1	4	0.5%
Balones Gas, GLP	4	1					7			12	1.5%
Bobinas y cables	2						7		1	10	1.3%
Cal							21			21	2.7%
Carne Congelada	1	1				1				3	0.4%
Cemento	2	1			4	2	41	1		51	6.6%
Cervezas							6			6	0.8%
Cianuro de Sodio							3			3	0.4%
Combustible	2	4					54			60	7.7%
Concentrado de cobre							273			273	35.2%
Concentrado de mineral							44			44	5.7%
Concentrado de plomo							2			2	0.3%
Concentrado de zinc							4			4	0.5%
Cueros de res y alpaca		3								3	0.4%
Envases de bebidas	1						7			8	1.0%
Explosivos y materiales					1		5			6	0.8%
Fibras de alpaca	2						1		1	4	0.5%
Fierros y varillas de acero		1					13			14	1.8%
Frutas (naranja, papaya)	7	1	1							9	1.2%
Ganado en Pie	10	1							1	12	1.5%
Gaseosas	3						3			6	0.8%
Harina de Trigo					1		4		1	6	0.8%
Leche Fresca	3	1	1				1			6	0.8%
Madera de Exportación							2			2	0.3%
Maíz	1	2	1							4	0.5%
Material de Construcción	2	4	1		1		9			17	2.2%
Papas	2		1				5			8	1.0%
Papel Higiénico		1		2			1	1	2	7	0.9%
Pescado	3									3	0.4%
Pollos Congelado		3	2				3			8	1.0%
Quinoa									2	2	0.3%
Residuos minerales	3						1			4	0.5%
Soya					3		12	1		16	2.1%
Tanques de agua			1				3			4	0.5%
Tuberías de PVC	2	1			1	1	2			7	0.9%
Vacío	4	2	1	2		5	7		1	22	2.8%
Varios productos	29	9	0	2	1	4	23	0	0	68	8.8%
Verduras	11	1	3				3		1	19	2.5%
Totales =	104	38	14	6	12	15	572	3	11	775	

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

Matrices de viajes

La presentación de las matrices de viajes por tipo de transporte de pasajeros y de carga son resultados de las encuesta O-D realizada en la cercanía de la localidad de Yura en el recorrido por el camino a Patahuasi, resultados están mostrados en las tablas siguientes N° 10 y 11.

La matriz de viajes está distribuida por pares orígenes – destinos ubicados en 2 ámbitos a nivel de región, donde los viajes inter provinciales se suman para totalizar una región. Para el caso del transporte de pasajeros, la variable utilizada para la ampliación de la muestra de los viajes fue el flujo de vehículos encuestados parámetro para estimar el número de viajes que realizan entre diversos pares orígenes – destinos.

Tabla 10: Matriz de viajes del transporte de pasajeros (flujos de vehículos)

Tipo Vehículo	Origen	Destino							Total	Viajes totales	
		Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Madre de Dios	Puno		Flujos	%
Automóvil	Arequipa		20	2				14	36	56	21.9%
	Cuzco		4						4		
	Lima			1				1	2		
Camioneta Rural	Puno		14						14	28	10.9%
	Arequipa		9	2				6	17		
	Cuzco		3						3		
Microbús	Puno		8						8	19	7.4%
	Arequipa		6					3	9		
	Puno		10						10		
Pick Up	Apurímac		1						1	63	24.6%
	Arequipa		19	5				10	34		
	Cuzco		10						10		
SW	Lima							1	1	10	3.9%
	Puno		17						17		
	Arequipa		3					4	7		
Buses	Cuzco		2						2	80	31.3%
	Puno		1						1		
	Arequipa	2	6	3			1	6	18		
	Cuzco		22						22		
	Madre de Dios		10						10		
	Puno		30						30		
Totales =			195	13			1	45	256		
% =			76.2%	5.1%			0.4%	17.6%			

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

Tabla 11: Matriz del transporte de carga (flujos de vehículos).

Tipo Vehículo	Origen	Destino								Total	Viajes totales	
		Apurímac	Arequipa	Flujos	Flujos	Ica	Lima	Madre de Dios	Puno		Flujos	%
C2E	Apurímac		1							1		
	Arequipa	1	37		11				3	14	66	
	Cuzco		10								10	
	Lima		1		2					3	6	104
	Madre de Dios		1								1	13.4%
	Puno		20								20	
C3E	Arequipa		10		2					4	16	
	Cuzco		5				3				8	
	Lima								1	1	2	38
	Madre de Dios		1								1	4.9%
	Puno		8				3				11	
C4E	Arequipa		3		3						6	
	Cuzco		3								3	14
	Puno		5								5	1.8%
Semi Tráileres	Apurímac		89				1				90	
	Arequipa	38	4	8	127		3		2	39	221	
	Cuzco		175			2	3				180	605
	Lima		2	1	4				1	13	21	78.1%
	Madre de Dios		2				1				3	
	Puno		82			2	6				90	
Articulados	Arequipa		1		1						2	
	Lima								1	1	2	14
	Puno		5				5				10	1.8%
Totales =		39	465	9	150	4	25	8	75	775		
% =		5.0%	60.0%	1.2%	19.4%	0.5%	3.2%	1.0%	9.7%			

Nota: Elaboración propia (Encuesta Origen – Destino realizado entre el Domingo 29 y Martes 31 de Enero, y Miércoles 01 de Febrero del 2017).

4.3. RESULTADOS DE PROYECCIONES DE TRÁFICO

Tasas de generaciones de viajes

Para el presente estudio se han tomado las estadísticas del PBI y población de las fuentes del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que han publicado proyecciones estadísticas del PBI y Población por departamentos para el periodo 2007 – 2015. Esta data han sido validados y corregidos con el Estudio del Plan Intermodal de Transportes del Perú - Ministerio de Transportes y Comunicaciones realizado por el Consorcio BCEOM-GMI-WSA, realizado en Junio de 2005 según proyecciones de la empresa consultora Maximize.

La serie de datos del PBI (empleando el VAB) están agrupados en tres (3) para la proyección por departamentos siendo estas:

- i.) La serie entre 2007 – 2015 (9 años) de la economía regional tiene como fuente el INEI – PBI por departamentos, tomando como base el año 2007 para valores constantes y evaluando las tendencias reales.
- ii.) La serie entre 2016 – 2019 (4 años) del Marco Macroeconómico Multianual del 2017 – 2019, teniendo como fuente el MEF.
- iii.) La serie 2020 – 2026 (7 años) con datos proyectados y estimados según el Estudio del Plan Intermodal de Transporte, – MTC-OGPP Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Junio 2005.

La serie de datos de la población está definida por:

- i.) La data del año 2007 corresponde a la tasa del censo poblacional según la fuente del INEI.
- ii.) La serie entre 2008 – 2013 (6 años) y del periodo 2014 – 2026 (13 años) de la tasa demográfica son datos proyectados y estimados según el Estudio del Plan Intermodal de Transporte, – MTC-OGPP Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Junio 2005.

Por tanto tenemos los siguientes resultados de las proyecciones en las tablas N° 12, 13 y 14.

Tabla 12: Tasas de crecimiento del PBI regional.

Años	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Madre Dios	Puno	Tacna
2007	3.65%	13.65%	9.70%	9.38%	10.78%	10.99%	-5.01%	5.31%
2008	-7.43%	11.15%	6.87%	18.44%	8.94%	2.02%	7.47%	14.22%
2009	-3.84%	0.78%	16.87%	4.09%	0.33%	6.90%	4.10%	7.84%
2010	8.74%	5.92%	13.01%	7.07%	10.55%	9.63%	5.96%	0.90%
2011	5.87%	4.37%	12.85%	10.99%	8.58%	10.13%	5.79%	4.48%
2012	12.92%	4.73%	1.88%	1.43%	6.07%	-20.56%	4.74%	6.37%
2013	11.09%	2.97%	17.61%	9.15%	6.05%	14.85%	7.42%	-1.07%
2014	4.42%	0.72%	0.16%	3.95%	3.91%	-15.63%	2.55%	-1.63%
2015	7.33%	3.52%	0.49%	2.75%	3.13%	23.03%	0.75%	-0.70%
2016	3.20%	3.80%	3.60%	3.40%	3.30%	3.40%	3.30%	3.40%
2017	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2018	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2019	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2020	3.20%	3.80%	3.60%	3.40%	3.30%	3.40%	5.00%	5.00%
2021	3.20%	3.80%	3.60%	3.40%	3.30%	3.40%	5.00%	5.00%
2022	3.20%	3.80%	3.60%	3.40%	3.30%	3.40%	5.00%	5.00%
2023	3.20%	3.80%	3.60%	3.40%	3.30%	3.40%	5.00%	5.00%
2024	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
2025	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
2026	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Tasa =	4.05%	4.50%	5.96%	5.34%	4.91%	3.70%	4.02%	4.10%

Nota: INEI – PBI por departamentos para la serie 2007-2015, Plan de Marco Macroeconómico Multianual 2016 – 2019 de fuente MEF, Plan Intermodal de Transportes del Perú – MTC-OGPP Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Junio 2005, serie 2020-2026.

Tabla 13: Tasas de crecimiento de la población regional.

Años	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Madre Dios	Puno	Tacna
2007	0.40%	1.65%	0.93%	1.66%	2.02%	3.57%	1.16%	2.02%
2008	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2009	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2010	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2011	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2012	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2013	1.50%	1.10%	1.10%	2.00%	1.60%	2.50%	1.20%	2.40%
2014	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2015	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2016	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2017	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2018	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2019	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2020	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2021	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2022	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2023	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2024	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2025	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
2026	1.30%	0.90%	0.90%	1.30%	1.30%	2.00%	1.00%	2.00%
Tasa =	1.31%	1.00%	0.96%	1.53%	1.43%	2.23%	1.07%	2.12%

Nota: INEI – Proyecciones de la población por departamentos para la serie 2010 – 2025 (2015).

Tabla 14: Tablas de crecimiento del PBI per cápita por región.

Año	Apuríma c	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Madre Dios	Puno	Tacna
2007	3.23%	11.81%	8.69%	7.60%	8.59%	7.16%	-6.10%	3.23%
2008	-8.80%	9.94%	5.71%	16.12%	7.22%	-0.47%	6.20%	11.54%
2009	-5.26%	-0.32%	15.60%	2.05%	-1.25%	4.29%	2.86%	5.31%
2010	7.13%	4.77%	11.78%	4.97%	8.81%	6.95%	4.70%	-1.47%
2011	4.31%	3.23%	11.62%	8.81%	6.87%	7.44%	4.53%	2.03%
2012	11.25%	3.59%	0.77%	-0.56%	4.40%	-22.50%	3.50%	3.88%
2013	9.45%	1.85%	16.33%	7.01%	4.38%	12.05%	6.15%	-3.39%
2014	3.08%	-0.18%	-0.73%	2.61%	2.57%	-17.29%	1.53%	-3.55%
2015	5.95%	2.59%	-0.41%	1.43%	1.80%	20.61%	-0.25%	-2.64%
2016	2.51%	3.63%	3.39%	2.74%	2.63%	2.04%	2.93%	2.04%
2017	4.64%	5.05%	5.05%	4.64%	4.64%	3.92%	4.95%	3.92%
2018	4.64%	5.05%	5.05%	4.64%	4.64%	3.92%	4.95%	3.92%
2019	4.64%	5.05%	5.05%	4.64%	4.64%	3.92%	4.95%	3.92%
2020	2.51%	3.63%	3.39%	2.74%	2.63%	2.04%	4.95%	3.92%
2021	2.51%	3.63%	3.39%	2.74%	2.63%	2.04%	4.95%	3.92%
2022	2.51%	3.63%	3.39%	2.74%	2.63%	2.04%	4.95%	3.92%
2023	2.51%	3.63%	3.39%	2.74%	2.63%	2.04%	4.95%	3.92%
2024	1.68%	2.08%	2.08%	1.68%	1.68%	0.98%	1.98%	0.98%
2025	1.68%	2.08%	2.08%	1.68%	1.68%	0.98%	1.98%	0.98%
2026	1.68%	2.08%	2.08%	1.68%	1.68%	0.98%	1.98%	0.98%
Tasa =	3.00%	3.80%	5.28%	4.08%	3.74%	1.75%	3.30%	2.31%

Nota: Elaboración propia (Tablas N° 12 y 13).

En la tabla N° 15 se muestra las variables y su información que serán empleados para la estimación de la tasa de generación de viajes.

Tabla 15: Tasas y factores de crecimiento de variables socio - económicas por regiones relacionadas con el tráfico.

Departamentos	PBI	Población	PBI per cápita
	(Tasa de crecimiento anual promedio)		
Dpto. Apurímac	4.05%	1.31%	3.00%
Dpto. Arequipa	4.50%	1.00%	3.80%
Dpto. Cuzco	5.96%	0.96%	5.28%
Dpto. Ica	5.34%	1.53%	4.08%
Dpto. Lima	4.91%	1.43%	3.74%
Dpto. Madre de Dios	3.70%	2.23%	1.75%
Dpto. Puno	4.02%	1.07%	3.30%
Dpto. Tacna	4.10%	2.12%	2.31%

Nota: Tabla N° 12, 13, y 14.

Las tasas de generación de viajes se calcularon para cada tipo de vehículo considerando como variable la elasticidad del tráfico.

La elasticidad expresada como la relación parque automotor y nivel de ingreso (PBI) se ha tomado del Estudio del Plan Intermodal de Transportes del Perú - MTC. En la siguiente tabla N° 16 se presenta los valores proyectado a un periodo de 10 años

Tabla 16: Elasticidad por tipo de vehículo 2013 - 2023.

Vehículo	Elasticidad
	área de estudio
Ligero (Auto, Camioneta) y Transporte público	1.00
Pesados (Camión, Articulado)	1.20

Nota: Estudio del Plan Intermodal de Transportes del Perú - Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Junio, 2005)

Para la estimación del PBI per cápita se empleó la elasticidad multiplicando con el PBI regional. Este factor incluye un posible incremento de los viajes debido al crecimiento de la actividad minera a mediano y largo plazo.

El indicador económico considerado PBI per cápita, proxy del nivel de ingreso promedio del poblador de una región o país, es una variable que afecta al comportamiento del tráfico existente en la carretera; mantiene una alta correlación con los conteos realizados durante los últimos años. Por ello, se ha estimado a esta variable y su incidencia en el comportamiento del flujo de vehículos ligeros hacia el horizonte del proyecto.

El resultado de estimar las tasas anual de crecimiento de los vehículos ligeros como pesado (carga) están mostrados en las tablas N° 17 y 18.

Tabla 17: Tasas de generación de viajes por regiones y tipos de vehículos.

Origen	Tasa	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	M Dios	Puno	Tacna
Auto									
Apurímac	3.00%		3.40%	4.14%	3.54%	3.37%	2.38%	3.15%	2.66%
Arequipa	3.80%	3.40%		4.54%	3.94%	3.77%	2.78%	3.15%	2.66%
Cuzco	5.28%	4.14%	4.54%		4.68%	4.51%	3.52%	4.29%	3.80%
Ica	4.08%	3.54%	3.94%	4.68%		3.91%	2.75%	3.52%	3.03%
Lima	3.74%	3.37%	3.77%	4.51%	3.91%		2.75%	2.52%	2.03%
Madre de Dios	1.75%	2.38%	2.78%	3.52%	2.92%	2.75%		2.52%	2.03%
Puno	3.30%	3.15%	3.15%	4.29%	3.69%	3.52%	2.52%		2.80%
Tacna	2.31%	2.66%	2.66%	3.80%	3.20%	3.03%	2.03%	2.80%	
Ómnibus									
Arequipa	3.80%			4.54%			2.78%	3.55%	
Cuzco	5.28%		4.54%				3.52%	4.29%	
Madre de Dios	1.75%		2.78%	3.52%				2.52%	
Puno	3.30%		3.55%	4.29%			2.52%		
Camiones									
Apurímac	4.74%		5.02%	5.89%	5.53%	5.27%	4.50%	4.73%	4.78%
Arequipa	5.30%	5.02%		6.17%	5.80%	5.54%	4.77%	4.73%	4.78%
Cuzco	7.03%	5.89%	6.17%		6.67%	6.41%	5.64%	5.88%	5.93%

Origen	Tasa	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	M Dios	Puno	Tacna
Ica	6.31%	5.53%	5.80%	6.67%		6.05%	5.02%	5.26%	5.30%
Lima	5.79%	5.27%	5.54%	6.41%	6.05%		5.02%	4.49%	4.53%
Madre de Dios	4.25%	4.50%	4.77%	5.64%	5.28%	5.02%		4.49%	4.53%
Puno	4.72%	4.73%	4.73%	5.88%	5.51%	5.26%	4.49%		4.77%
Tacna	4.82%	4.78%	4.78%	5.93%	5.56%	5.30%	4.53%	4.77%	

Articulados

Apurímac	4.74%		5.02%	5.89%	5.53%	5.27%	4.50%	4.73%	4.78%
Arequipa	5.30%	5.02%		6.17%	5.80%	5.54%	4.77%	4.73%	4.78%
Cuzco	7.03%	5.89%	6.17%		6.67%	6.41%	5.64%	5.88%	5.93%
Ica	6.31%	5.53%	5.80%	6.67%		6.05%	5.02%	5.26%	5.30%
Lima	5.79%	5.27%	5.54%	6.41%	6.05%		5.02%	4.49%	4.53%
Madre de Dios	4.25%	4.50%	4.77%	5.64%	5.28%	5.02%		4.49%	4.53%
Puno	4.72%	4.73%	4.73%	5.88%	5.51%	5.26%	4.49%		4.77%
Tacna	4.82%	4.78%	4.78%	5.93%	5.56%	5.30%	4.53%	4.77%	

Nota: Encuesta OD por tramos del Estudio.

Tabla 18: Tasa de crecimiento del tráfico por tipo de vehículo.

Auto	Tasa de Generación de viajes								R _t
	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Moquegua	Puno	Tacna	
Apurímac		0.034							0.034
Arequipa			0.409				1.165		1.574
Cuzco		0.863							0.863
Ica									
Lima			0.045				0.050		0.096
Madre de Dios									
Puno		1.574							1.574
Tacna									
								Sub total	4.141
Flujo Total	176							Tasa de Crecimiento =	2.35%

Ómnibus	Tasa de Generación de viajes								R _t
	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Moquegua	Puno	Tacna	
Arequipa							0.036		0.036
Lima		0.999							0.999
Moquegua		0.278							0.278
Tacna		1.065							1.065
								Sub total	2.378
Flujo Total	80							Tasa de Crecimiento =	2.97%

Camiones	Tasa de Generación de viajes								R _t
	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Moquegua	Puno	Tacna	
Apurímac		0.050							0.050
Arequipa	0.050			0.928			0.142	0.861	1.982
Cuzco		1.110				0.169			1.279
Ica									
Lima		0.055		0.121			0.045	0.181	0.403
Madre de Dios		0.095							0.095
Puno		1.562				0.135			1.697
Tacna									
								Sub total	5.506
Flujo Total	156							Tasa de Crecimiento =	3.53%

Articulados	Tasa de Generación de viajes								R _t
	Apurímac	Arequipa	Cuzco	Ica	Lima	Moquegua	Puno	Tacna	
Apurímac		4.470				0.045			4.514
Arequipa	1.908		0.493	7.428		0.143	0.095	1.865	11.932
Cuzco		10.790			0.128	0.169			11.087
Ica									
Lima		0.111	0.064	0.242			0.090	0.635	1.141
Madre de Dios		0.095							0.095
Puno		4.118			0.105	0.493			4.717
Tacna									
								Sub total	33.488
Flujo Total	619							Tasa de Crecimiento =	5.41%

Nota: Elaboración propia (Procesamiento de la tabla N° 17 y las fórmulas de generación de viajes).

En la matriz de viajes por tipo de vehículo y la incidencia de las variables del PBI y PBI per cápita con la tasa demográfica de las regiones que están relacionadas con la demanda viajes con origen – destino identificados, en este cruce de datos se estima la tasa de crecimiento del tráfico, dato mostrado en la tabla N° 19.

Tabla 19: Tasa de crecimiento del tráfico por tipo de vehículo y tramo.

Tipo de vehículo	Carretera Yura – Patahuasi
Auto	2.4%
Microbús	2.4%
Ómnibus	3.0%
C2E	3.5%
C3E	3.5%
C4E	3.5%
Articulados	5.4%

Nota: Elaboración propia (Información base, tablas N° 17 y 18).

Tráfico total proyectado

En la tabla N° 20 se presenta la proyección del tráfico normal por tipo de vehículos según los conteos efectuados y las tasas de crecimiento estimadas.

Tabla 20: Proyección del tráfico normal.

Año	IMDA	Tipo de Vehículos																			
		Auto	SW	Pick up	Combi	Micro	Bus			Camión			Semi Tráileres					Tráileres			
						2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
2017	4,092	824	64	592	507	39	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3	8	14
2018	4,233	843	66	606	519	40	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3	8	15
2019	4,381	863	67	620	531	41	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3	9	16
2020	4,536	884	69	635	544	42	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4	9	16
2021	4,696	904	70	650	556	43	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4	10	17
2022	4,861	926	72	665	570	44	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4	10	18
2023	5,034	947	74	681	583	45	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4	11	19
2024	5,211	970	75	697	597	46	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4	12	20
2025	5,400	992	77	713	611	47	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5	12	21
2026	5,596	1,016	79	730	625	48	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5	13	22
2027	5,801	1,040	81	747	640	49	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5	14	24
2028	6,010	1,064	83	765	655	50	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5	14	25
2029	6,230	1,089	85	783	670	52	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6	15	26
2030	6,461	1,115	87	801	686	53	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6	16	28
2031	6,699	1,141	89	820	702	54	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6	17	29
2032	6,949	1,168	91	839	719	55	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7	18	31
2033	7,208	1,195	93	859	736	57	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7	19	33
2034	7,479	1,224	95	879	753	58	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7	20	34
2035	7,762	1,252	97	900	771	59	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8	21	36
2036	8,055	1,282	100	921	789	61	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8	22	38
2037	8,362	1,312	102	943	807	62	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9	23	40
2038	8,683	1,343	104	965	826	64	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9	24	42
2039	9,016	1,374	107	987	846	65	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10	25	45
2040	9,366	1,407	109	1,011	866	67	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10	27	47
2041	9,731	1,440	112	1,034	886	68	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11	28	50

Nota: Elaboración Propia

4.4. RESULTADO DE CENSO DE CARGA, CÁLCULO DE LOS FACTORES DESTRUCTIVOS Y DE LOS EJES EQUIVALENTES (EE).

Medición de pesos por ejes según tipo de vehículo

Del censo realizado en campo se han obtenido resultados de los pesos por ejes y presión de inflado de los neumáticos, que permiten calcular los factores destructivos por cada tipo de vehículo como camiones de 2 ejes y, 3 ejes, y ómnibus y articulados. Teniendo presente la composición de los ejes en cada uno de ellos (Ejes simples, dobles o tandem, triples o tridem) y la composición vehicular que transitan en la carretera en estudio.

Esta muestra de vehículo es representativa de la clasificación vehicular utilizado en los conteos y que serán asignados a la vía en estudio para estimar el número de ejes equivalentes, la muestra obtenida de 20.0% es aceptable en comparación a la cantidad de vehículos de carga. Con la medición de cada eje (dato obtenido del censo de carga) y la presión de inflado del neumático (dato acopiado en campo durante el censo) se obtiene el factor destructivo por tipo de vehículo mostrado en las tablas N° 21 al 24, ver también el anexo H respectivo donde se muestra el cálculo de cada categoría de vehículo y su factor destructivo, y en el Anexo I se presenta toda la información durante la actividad del censo.

En relación con la estimación o cálculo del factor de eje equivalente de carga (EE) se presentan dos tipos de resultados:

- **EE con control**, es el obtenido en campo durante la actividad del censo de carga y tiene la información de pesos e inflados de los neumáticos según el acopio de los datos del campo; y
- **EE de norma**, el segundo es un dato de la norma establecida en el reglamento de vehículos de las Normas de peso y dimensiones para circulación en las carreteras de la Red Vial Nacional, según R.M. N° 375-1998-MTC/15.02. Estos datos de peso se aplican con la fórmula mostrada en los cuadros N° 11 y 12 calculadas como se observa en la fila sombreada de la tabla N° 21 y 22 para el pavimento flexible como pavimento rígido respectivamente.

Para el cálculo de los ejes equivalentes acumulados, en los casos que no se tenga información sobre el EE con control del tipo de vehículo se va a emplear el EE de la norma, esto se debe a que durante la actividad del censo de carga no fue posible levantar el dato respectivo del vehículo en mención, pero si transita por la carretera.

Tabla 21: Cálculo del Factor de Eje Equivalente de Carga (EE) por tipo de vehículo – pavimento flexible, MTC (2014)

Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
B2		7.00	11.00							Simple	Simple R. Doble			Con Control	2.108
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{11.000}{8,200}$ Fd = 3.238			Según Norma	4.504
B3		7.00	8.00	8.00						Simple	Tandem			Con Control	1.881
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{16.000}{14,800}$ Fd = 1.366			Según Norma	2.631
B4		7.00	7.00	8.00	8.00					Tandem	Tandem			Con Control	1.537
										$P = \frac{14.000}{14,800}$ Fd = 0.801	$P = \frac{16.000}{14,800}$ Fd = 1.366			Según Norma	2.167
C2E		7.00	11.00							Simple	Simple R. Doble			Con Control	0.438
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{11.000}{8,200}$ Fd = 3.238			Según Norma	4.504
C3E		7.00	9.00	9.00						Simple	Tandem			Con Control	1.429
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{18.000}{15,100}$ Fd = 2.019			Según Norma	3.285
C4E		7.00	9.20	9.20	4.60					Simple	Tridem			Con Control	1.771
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{23.000}{20,700}$ Fd = 1.508			Según Norma	2.774
2S1		7.00	11.00	11.00						Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble		Con Control	
										$P = \frac{7.000}{6,600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{11.000}{8,200}$ Fd = 3.238	$P = \frac{11.000}{8,200}$ Fd = 3.238		Según Norma	7.742

Continuación de la tabla N° 21...

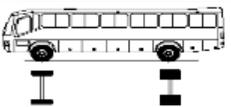
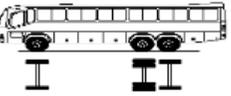
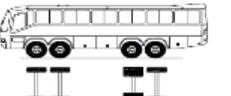
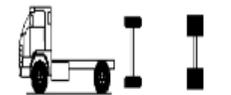
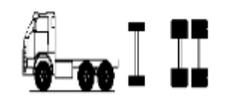
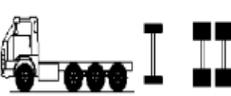
Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
2S2		7.00	11.00	9.00	9.00					Simple	Simple R. Doble	Tandem		Con Control	2.508
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019		Según Norma	6.523
2S3		7.00	11.00	8.33	8.33	8.33				Simple	Simple R. Doble	Tridem		Con Control	5.713
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{25.000}{21.800}$ Fd = 1.706		Según Norma	6.210
3S1		7.00	9.00	9.00	11.00					Simple	Tandem	Simple R. Doble		Con Control	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238		Según Norma	6.523
3S2		7.00	9.00	9.00	9.00	9.00				Simple	Tandem	Tandem		Con Control	2.568
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019		Según Norma	5.304
3S3		7.00	9.00	9.00	8.33	8.33	8.33			Simple	Tandem	Tridem		Con Control	5.006
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	P = $\frac{25.000}{21.800}$ Fd = 1.706		Según Norma	4.991
2T2		7.00	11.00	11.00	11.00					Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Con Control	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	Según Norma	10.980
2T3		7.00	11.00	11.00	9.00	9.00				Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Tandem	Con Control	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	P = $\frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	Según Norma	9.761

Continuación de la tabla N° 21...

Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
3T2		7.00	9.00	9.00	11.00	11.00				Simple	Tandem	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Con Control	3.329
										$P = \frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	$P = \frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	$P = \frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	Según Norma	9.761
3T3		7.00	9.00	9.00	11.00	9.00	9.00			Simple	Tandem	Simple R. Doble	Tandem	Con Control	4.199
										$P = \frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.265	$P = \frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	$P = \frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.238	$P = \frac{18.000}{15.100}$ Fd = 2.019	Según Norma	8.542

Nota: Elaboración propia (Cuadro N° 11 y Anexo H e I respectivo)

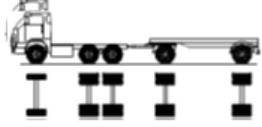
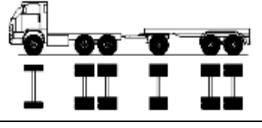
Tabla 22: Cálculo del factor de eje equivalente de carga (EE) por tipo de vehículo - pavimento rígido, MTC (2014)

Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
B2		7.00	11.00							Simple	Simple R. Doble			Con Control	2.099
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335			Según Norma	4.608
B3		7.00	8.00	8.00						Simple	Tandem			Con Control	2.468
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{16.000}{13.000}$ Fd = 2.343			Según Norma	3.616
B4		7.00	7.00	8.00	8.00					Tandem	Tandem			Con Control	2.047
										P = $\frac{14.000}{13.000}$ Fd = 1.355	P = $\frac{16.000}{13.000}$ Fd = 2.343			Según Norma	3.698
C2E		7.00	11.00							Simple	Simple R. Doble			Con Control	0.424
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335			Según Norma	4.608
C3E		7.00	9.00	9.00						Simple	Tandem			Con Control	2.102
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458			Según Norma	4.731
C4E		7.00	9.20	9.20	4.60					Simple	Tridem			Con Control	3.476
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{23.000}{16.600}$ Fd = 3.685			Según Norma	4.958
2S1		7.00	11.00	11.00						Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble		Con Control	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335		Según Norma	7.942

Continuación de la tabla N° 22...

Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total		
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4			
2S2		7.00	11.00	9.00	9.00					Simple	Simple R. Doble	Tandem		Con Control	3.278	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458		Según Norma	8.066	
2S3		7.00	11.00	8.33	8.33	8.33				Simple	Simple R. Doble	Tridem		Con Control	7.713	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{25.000}{17.500}$ Fd = 4.165		Según Norma	8.773	
3S1		7.00	9.00	9.00	11.00					Simple	Tandem	Simple R. Doble		Con Control	8.066	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335		Según Norma		
3S2		7.00	9.00	9.00	9.00	9.00				Simple	Tandem	Tandem		Con Control	3.829	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458		Según Norma	8.189	
3S3		7.00	9.00	9.00	8.33	8.33	8.33			Simple	Tandem	Tridem		Con Control	10.259	
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458	P = $\frac{25.000}{17.500}$ Fd = 4.165		Según Norma	8.896	
2T2		7.00	11.00	11.00	11.00					Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Simple R. Doble		Con Control	11.277
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335		Según Norma	
2T3		7.00	11.00	11.00	9.00	9.00				Simple	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Tandem		Con Control	11.400
										P = $\frac{7.000}{6.600}$ Fd = 1.273	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{11.000}{8.200}$ Fd = 3.335	P = $\frac{18.000}{13.300}$ Fd = 3.458		Según Norma	

Continuación de la tabla N° 22...

Conf. Veh.	DESCRIPCION GRAFICA DE LOS VEHICULOS	Cargas por eje								Factores Destructivos				Factor Carga Total	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
3T2		7.00	9.00	9.00	11.00	11.00				Simple	Tandem	Simple R. Doble	Simple R. Doble	Con Control	4.330
										$P = \frac{7.000}{6.600}$	$P = \frac{18.000}{13.300}$	$P = \frac{11.000}{8.200}$	$P = \frac{11.000}{8.200}$		
										Fd = 1.273	Fd = 3.458	Fd = 3.335	Fd = 3.335		
3T3		7.00	9.00	9.00	11.00	9.00	9.00			Simple	Tandem	Simple R. Doble	Tandem	Con Control	5.702
										$P = \frac{7.000}{6.600}$	$P = \frac{18.000}{13.300}$	$P = \frac{11.000}{8.200}$	$P = \frac{18.000}{13.300}$		
										Fd = 1.273	Fd = 3.458	Fd = 3.335	Fd = 3.458		

Nota: Elaboración propia

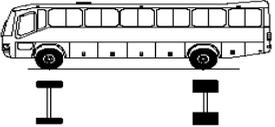
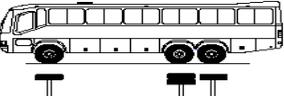
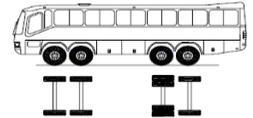
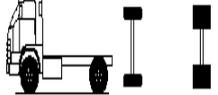
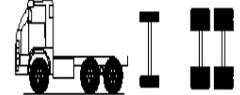
Tabla 23: Cálculo de factores equivalentes de carga (18 Kips) de acuerdo al tipo de vehículo - Método AASHTO 1993

Número estructural (pulg.) = 3.74 Equivalente a una carpeta asfáltica con espesor de 10 cm.

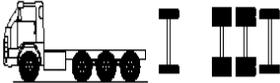
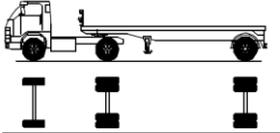
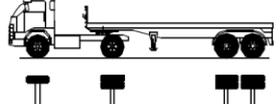
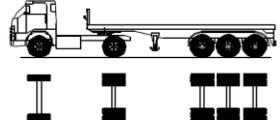
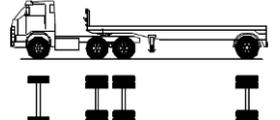
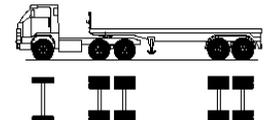
Índice de Serviciabilidad Inicial = 4.20

Índice de Serviciabilidad Final = 2.00

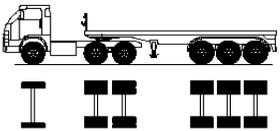
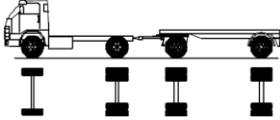
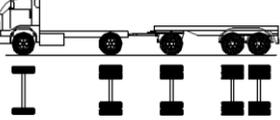
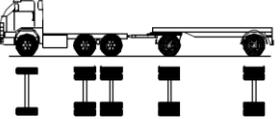
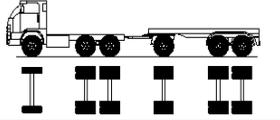
**PAVIMENTO
FLEXIBLE**

	Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN			G_t	Eje Delantero	B_x			B_{18}	Factores Destructivos			Carga Total
		Ejes Posteriores					Ejes Posteriores				Eje Delantero	Ejes Posteriores		
		Simple	Tándem	Tridem			Simple	Tándem	Tridem			Simple	Tándem	
B2		7	11		-0.089	0.611	1.247		0.740	0.524	3.457	3.980		
B3		7	16		-0.089	0.611	0.717	0.740	0.524	1.253	1.777			
B4		7 + 7	16		-0.089	0.611	0.717	0.740	1.048	1.253	2.301			
C2		7	11		-0.089	0.611	1.247	0.740	0.524	3.457	3.980			
C3		7	18		-0.089	0.611	0.856	0.740	0.524	2.044	2.568			

Continuación de la tabla N° 23...

Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN				G_t	Eje Delantero	B_x			B_{18}	Eje Delantero	Factores Destructivos			Carga Total	
	Eje	Ejes Posteriores					Ejes Posteriores	Simple	Tándem			Tridem	Simple	Tándem		Tridem
		Simple	Tándem	Tridem												
C4 	7		23		-0.089	0.611			0.680	0.740	0.524			1.276	1.800	
2S1 	7	11			-0.089	0.611	1.247			0.740	0.524	6.913			7.437	
2S2 	7	11	18		-0.089	0.611	1.247	0.856		0.740	0.524	3.457	2.044		6.025	
2S3 	7	11		25	-0.089	0.611	1.247		0.762	0.740	0.524	3.457		1.802	5.783	
3S1 	7	11	18		-0.089	0.611	1.247	0.856		0.740	0.524	3.457	2.044		6.025	
3S2 	7	18	18		-0.089	0.611		0.856		0.740	0.524		4.089		4.612	

Continuación de la tabla N° 23...

Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN				G_t	Eje Delantero	B_x			B_{18}	Eje Delantero	Factores Destructivos			Carga Total
	Eje	Ejes Posteriores					Ejes Posteriores					Simple	Tándem	Tridem	
		Simple	Tándem	Tridem			Simple	Tándem	Tridem						
3S3 	7		18	25	-0.089	0.611		0.856	0.762	0.740	0.524		2.044	1.802	4.370
2T2 	7	11			-0.089	0.611	1.247			0.740	0.524	10.370			10.893
2T3 	7	11	18		-0.089	0.611	1.247	0.856		0.740	0.524	6.913	2.044		9.481
3T2 	7	11	18		-0.089	0.611	1.247	0.856		0.740	0.524	6.913	2.044		9.481
3T3 	7	11	18		-0.089	0.611	1.247	0.856		0.740	0.524	3.457	4.089		8.069

Nota: Elaboración propia (Normas de peso y dimensiones para circulación en las carreteras de la Red Vial Nacional - R.M. N° 375 - 98 - MTC/15.02)

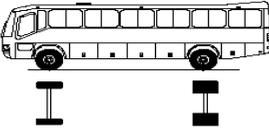
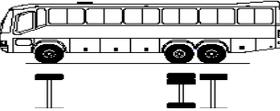
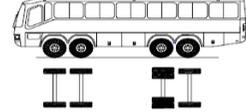
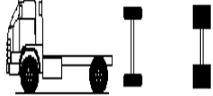
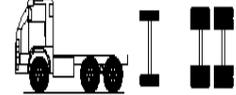
Tabla 24: Cálculo de factores equivalentes de carga (18 Kips) de acuerdo al tipo de Vehículo - Método AASHTO 1993

Espesor de losa (pulgadas) = 12.0

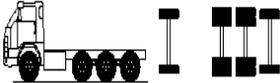
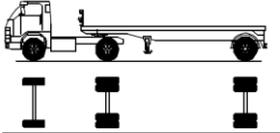
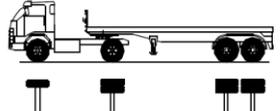
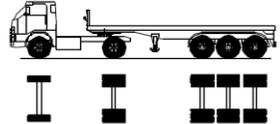
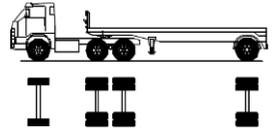
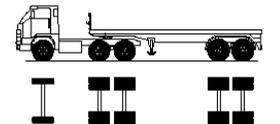
Índice de Serviciabilidad Inicial = 4.50

Índice de Serviciabilidad Final = 2.50

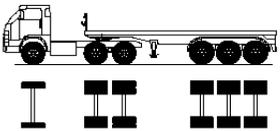
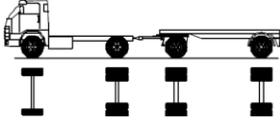
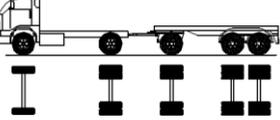
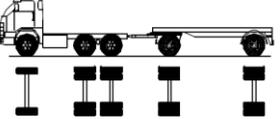
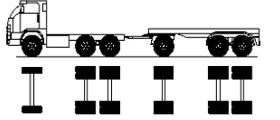
PAVIMENTO RIGIDO

Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN				G _t	B _x			Factores Destructivos			Carga Total	
	Ejes Posteriores			Eje Delantero		Ejes Posteriores			B ₁₈	Eje Delantero	Ejes Posteriores		
	Simple	Tándem	Tridem			Simple	Tándem	Tridem			Simple		Tándem
B2 	7	11			-0.176	1.003	1.026	1.006	0.507	3.657		4.165	
B3 	7		16		-0.176	1.003	1.018	1.006	0.507	2.284		2.792	
B4 	7 + 7		16		-0.176	1.003	1.018	1.006	1.015	2.284		3.299	
C2 	7	11			-0.176	1.003	1.026	1.006	0.507	3.657		4.165	
C3 	7		18		-0.176	1.003	1.031	1.006	0.507	3.808		4.315	

Continuación de la tabla N° 24...

Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN			G_t	Eje Delantero	B_x			B_{18}	Eje Delantero	Factores Destructivos			Carga Total	
	Eje	Ejes Posteriores				Ejes Posteriores	Ejes Posteriores	Ejes Posteriores			Simple	Tándem	Tridem		
		Simple	Tándem												Tridem
C4 	7		23	-0.176	1.003			1.028	1.006	0.507			3.280	3.788	
2S1 	7	11		-0.176	1.003				1.006	0.507	7.314			7.822	
2S2 	7	11	18	-0.176	1.003	1.026	1.031		1.006	0.507	3.657	3.808		7.973	
2S3 	7	11		25	-0.176	1.003	1.026	1.043	1.006	0.507	3.657		4.694	8.859	
3S1 	7	11	18		-0.176	1.003	1.026	1.031	1.006	0.507	3.657	3.808		7.973	
3S2 	7	18	18		-0.176	1.003		1.031	1.006	0.507		7.616		8.124	

Continuación de la tabla N° 24...

Tipo de vehículo	Carga por Eje en TN				G_t	Eje Delantero	B_x			B_{18}	Eje Delantero	Factores Destructivos			Carga Total	
	Eje	Ejes Posteriores					Ejes Posteriores					Ejes Posteriores	Simple	Tándem		Tridem
		Simple	Tándem	Tridem			Simple	Tándem	Tridem							
3S3 	7		18	25	-0.176	1.003		1.031	1.043	1.006	0.507		3.808	4.694	9.010	
2T2 	7	11			-0.176	1.003	1.026			1.006	0.507	10.972			11.479	
2T3 	7	11	18		-0.176	1.003	1.026	1.031		1.006	0.507	7.314	3.808		11.630	
3T2 	7	11	18		-0.176	1.003	1.026	1.031		1.006	0.507	7.314	3.808		11.630	
3T3 	7	11	18		-0.176	1.003	1.026	1.031		1.006	0.507	3.657	7.616		11.781	

Nota: Elaboración propia (Normas de peso y dimensiones para circulación en las carreteras de la Red Vial Nacional - R.M. N° 375 - 98 - MTC/15.02)

El resumen de los Ejes equivalentes (EE) parcial y acumulados para todo el horizonte de estudio del proyecto (25 años) según cada tramo de la carretera en estudio y la metodología de cálculo, sus resultados se muestran en las tablas del N° 25 al 30.

Tabla 25: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma y método simplificados del MTC - Pavimento flexible

Tipo de vehículo	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL
	2E	3E	4E	2E	3E	4E											
Carga	4.50	2.63	2.17	4.50	3.28	2.77	7.74	6.52	6.21	6.52	5.30	4.99	10.98	9.76	9.76	8.54	
Factor Carril									1.00								
Factor Direccional									0.50								
N° días x Año									365								
TPDA 2017	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066

Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
		2E	3E	4E	2E	3E	4E												
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3	8	14	1,724,413	1.72 E+06	
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3	8	15	1,804,553	3.53 E+06	
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3	9	16	1,891,622	5.42 E+06	
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4	9	16	1,980,545	7.40 E+06	
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4	10	17	2,076,905	9.48 E+06	
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4	10	18	2,172,785	1.17 E+07	
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4	11	19	2,277,399	1.39 E+07	
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4	12	20	2,383,729	1.63 E+07	
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5	12	21	2,502,143	1.88 E+07	
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5	13	22	2,621,925	2.14 E+07	
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5	14	24	2,749,771	2.42 E+07	
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5	14	25	2,878,834	2.71 E+07	
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6	15	26	3,018,276	3.01 E+07	
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6	16	28	3,165,745	3.32 E+07	
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6	17	29	3,318,177	3.66 E+07	
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7	18	31	3,480,202	4.00 E+07	
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7	19	33	3,648,361	4.37 E+07	
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7	20	34	3,825,015	4.75 E+07	
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8	21	36	4,014,394	5.15 E+07	
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8	22	38	4,207,495	5.57 E+07	
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9	23	40	4,414,262	6.02 E+07	
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9	24	42	4,629,911	6.48 E+07	
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10	25	45	4,856,755	6.96 E+07	
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10	27	47	5,095,133	7.47 E+07	
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11	28	50	5,348,669	8.01 E+07	

Nota: Elaboración propia

Tabla 26: Cálculo de los ejes equivalentes (ESAL) según censo y método simplificados del MTC - Pavimento flexible

	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL
Tipo de vehículo	2E	3E	4E	2E	3E	4E											
Carga	2.11	1.88	1.54	0.44	1.43	1.77	7.74	2.51	5.71	6.52	2.57	5.01	10.98	9.76	3.33	4.20	
Factor Carril									1.00								
Factor Direccional									0.50								
N° días x Año									365								
TPDA 2017	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066

Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
		2E	3E	4E	2E	3E	4E												
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	1,329,032	1.33 E+06
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3		8	15	1,395,627	2.72 E+06
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3		9	16	1,466,524	4.19 E+06
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4		9	16	1,541,762	5.73 E+06
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4		10	17	1,620,863	7.35 E+06
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4		10	18	1,701,312	9.06 E+06
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4		11	19	1,788,190	1.08 E+07
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4		12	20	1,877,490	1.27 E+07
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5		12	21	1,977,792	1.47 E+07
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5		13	22	2,078,475	1.68 E+07
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5		14	24	2,184,705	1.90 E+07
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5		14	25	2,295,039	2.13 E+07
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6		15	26	2,413,598	2.37 E+07
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6		16	28	2,537,613	2.62 E+07
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6		17	29	2,667,341	2.89 E+07
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7		18	31	2,805,463	3.17 E+07
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7		19	33	2,948,621	3.46 E+07
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7		20	34	3,099,518	3.77 E+07
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8		21	36	3,262,340	4.10 E+07
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8		22	38	3,428,377	4.44 E+07
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9		23	40	3,606,949	4.80 E+07
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9		24	42	3,792,412	5.18 E+07
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10		25	45	3,988,696	5.58 E+07
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10		27	47	4,194,244	6.00 E+07
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11		28	50	4,414,652	6.44 E+07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma y método simplificados del MTC - Pavimento rígido

Tipo de vehículo	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL
	2E	3E	4E	2E	3E	4E											
Carga	4.61	3.62	3.70	4.61	4.73	4.96	7.94	8.07	8.77	8.07	8.19	8.90	11.28	11.40	11.40	11.52	
Factor Carril												1.00					
Factor Direccional												0.50					
N° días x Año												365					
TPDA 2017	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066

Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
		2E	3E	4E	2E	3E	4E												
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3	8	14	2,684,688	2.68 E+06	
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3	8	15	2,814,380	5.50 E+06	
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3	9	16	2,954,467	8.45 E+06	
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4	9	16	3,098,511	1.16 E+07	
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4	10	17	3,253,724	1.48 E+07	
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4	10	18	3,410,207	1.82 E+07	
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4	11	19	3,579,902	2.18 E+07	
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4	12	20	3,753,075	2.55 E+07	
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5	12	21	3,943,563	2.95 E+07	
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5	13	22	4,139,230	3.36 E+07	
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5	14	24	4,346,761	3.80 E+07	
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5	14	25	4,559,023	4.25 E+07	
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6	15	26	4,785,968	4.73 E+07	
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6	16	28	5,026,550	5.24 E+07	
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6	17	29	5,277,047	5.76 E+07	
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7	18	31	5,541,685	6.32 E+07	
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7	19	33	5,817,921	6.90 E+07	
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7	20	34	6,108,280	7.51 E+07	
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8	21	36	6,417,827	8.15 E+07	
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8	22	38	6,736,201	8.82 E+07	
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9	23	40	7,076,791	9.53 E+07	
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9	24	42	7,432,434	1.03 E+08	
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10	25	45	7,806,691	1.11 E+08	
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10	27	47	8,200,468	1.19 E+08	
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11	28	50	8,618,033	1.27 E+08	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 28: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según censo y método simplificado del MTC - Pavimento rígido

		Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL
Tipo de vehículo		2E	3E	4E	2E	3E	4E											
Carga		2.10	2.47	2.05	0.42	2.10	3.48	7.94	3.28	7.71	8.07	3.83	10.26	11.28	11.40	4.33	5.70	
Factor Carril												1.00						
Factor Direccional												0.50						
N° días x Año												365						
TPDA 2017		176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066

Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
		2E	3E	4E	2E	3E	4E												
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,504,402	2.50 E+06
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3		8	15	2,633,286	5.14 E+06
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3		9	16	2,770,591	7.91 E+06
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4		9	16	2,915,054	1.08 E+07
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4		10	17	3,067,850	1.39 E+07
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4		10	18	3,224,953	1.71 E+07
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4		11	19	3,393,425	2.05 E+07
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4		12	20	3,567,457	2.41 E+07
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5		12	21	3,758,531	2.78 E+07
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5		13	22	3,954,534	3.18 E+07
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5		14	24	4,161,070	3.60 E+07
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5		14	25	4,376,490	4.03 E+07
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6		15	26	4,606,045	4.49 E+07
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6		16	28	4,847,350	4.98 E+07
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6		17	29	5,101,035	5.49 E+07
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7		18	31	5,369,050	6.03 E+07
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7		19	33	5,649,037	6.59 E+07
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7		20	34	5,943,964	7.18 E+07
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8		21	36	6,259,415	7.81 E+07
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8		22	38	6,584,782	8.47 E+07
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9		23	40	6,933,097	9.16 E+07
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9		24	42	7,296,278	9.89 E+07
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10		25	45	7,679,940	1.07 E+08
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10		27	47	8,082,853	1.15 E+08
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11		28	50	8,511,771	1.23 E+08

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma del método AASHTO 1993 - Pavimento flexible

	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL		
Tipo de vehículo	2E	3E	4E	2E	3E	4E													
Carga	3.98	1.78	2.30	3.98	2.57	1.80	7.44	6.02	5.78	6.02	4.61	4.37	10.89	9.48	9.48	8.07			
Factor Carril									1.00										
Factor Direccional									0.50										
N° días x Año									365										
TPDA 2017	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066		
Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	1,493,476	1.49 E+06
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3		8	15	1,563,190	3.06 E+06
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3		9	16	1,639,068	4.70 E+06
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4		9	16	1,716,611	6.41 E+06
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4		10	17	1,800,502	8.21 E+06
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4		10	18	1,883,888	1.01 E+07
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4		11	19	1,975,002	1.21 E+07
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4		12	20	2,067,859	1.41 E+07
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5		12	21	2,171,374	1.63 E+07
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5		13	22	2,275,738	1.86 E+07
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5		14	24	2,387,177	2.10 E+07
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5		14	25	2,499,568	2.35 E+07
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6		15	26	2,621,352	2.61 E+07
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6		16	28	2,750,121	2.88 E+07
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6		17	29	2,883,115	3.17 E+07
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7		18	31	3,024,660	3.48 E+07
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7		19	33	3,171,322	3.79 E+07
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7		20	34	3,325,350	4.12 E+07
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8		21	36	3,491,091	4.47 E+07
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8		22	38	3,659,752	4.84 E+07
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9		23	40	3,840,339	5.22 E+07
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9		24	42	4,028,555	5.63 E+07
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10		25	45	4,226,749	6.05 E+07
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10		27	47	4,435,052	6.49 E+07
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11		28	50	4,656,949	6.96 E+07

Nota: Elaboración propia.

Tabla 30: Cálculo de los ejes equivalente (ESAL) según norma del método AASHTO 1993 - Pavimento rígido

Tipo de vehículo	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	TOTAL
	2E	3E	4E	2E	3E	4E											
Carga	4.16	2.79	3.30	4.16	4.32	3.79	7.82	7.97	8.86	7.97	8.12	9.01	11.48	11.63	11.63	11.78	
Factor Carril									1.00								
Factor Direccional									0.50								
Nº días x Año									365								
TPDA 2017	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,066

Periodo	Años	Buses			Camiones			2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	EAL Anual	EAL Acumulado
		2E	3E	4E	2E	3E	4E												
2017	1	176	190	39	274	98	38	1	7	28	1	39	1,150	3		8	14	2,626,155	2.63 E+06
2018	2	181	196	40	284	101	39	1	7	30	1	41	1,212	3		8	15	2,754,561	5.38 E+06
2019	3	187	201	41	294	105	41	1	8	31	1	43	1,278	3		9	16	2,893,234	8.27 E+06
2020	4	192	207	43	304	109	42	1	8	33	1	46	1,347	4		9	16	3,035,966	1.13 E+07
2021	5	198	214	44	315	113	44	1	9	35	1	48	1,420	4		10	17	3,189,545	1.45 E+07
2022	6	204	220	45	326	117	45	1	9	36	1	51	1,497	4		10	18	3,344,788	1.78 E+07
2023	7	210	227	46	337	121	47	1	10	38	1	54	1,578	4		11	19	3,513,003	2.14 E+07
2024	8	216	233	48	349	125	48	1	10	40	1	56	1,663	4		12	20	3,685,018	2.50 E+07
2025	9	222	240	49	362	129	50	2	11	43	2	59	1,753	5		12	21	3,874,023	2.89 E+07
2026	10	229	247	51	374	134	52	2	11	45	2	63	1,848	5		13	22	4,068,195	3.30 E+07
2027	11	236	255	52	388	139	54	2	12	47	2	66	1,948	5		14	24	4,274,138	3.73 E+07
2028	12	243	262	54	401	144	56	2	12	50	2	70	2,053	5		14	25	4,485,007	4.17 E+07
2029	13	250	270	55	415	149	58	2	13	53	2	73	2,164	6		15	26	4,710,598	4.65 E+07
2030	14	258	278	57	430	154	60	2	14	56	2	77	2,281	6		16	28	4,949,715	5.14 E+07
2031	15	265	286	59	445	159	62	2	15	59	2	82	2,405	6		17	29	5,198,914	5.66 E+07
2032	16	273	295	61	461	165	64	2	15	62	2	86	2,535	7		18	31	5,462,103	6.21 E+07
2033	17	281	304	62	477	171	66	2	16	65	2	91	2,672	7		19	33	5,737,042	6.78 E+07
2034	18	290	313	64	494	177	69	2	17	69	2	96	2,816	7		20	34	6,025,772	7.38 E+07
2035	19	298	322	66	512	183	71	3	18	72	3	101	2,969	8		21	36	6,334,119	8.02 E+07
2036	20	307	331	68	530	189	73	3	19	76	3	106	3,129	8		22	38	6,651,375	8.68 E+07
2037	21	316	341	70	548	196	76	3	20	80	3	112	3,299	9		23	40	6,990,640	9.38 E+07
2038	22	326	351	72	568	203	79	3	21	85	3	118	3,477	9		24	42	7,344,860	1.01 E+08
2039	23	335	362	74	588	210	82	3	22	89	3	124	3,665	10		25	45	7,717,901	1.09 E+08
2040	24	345	373	76	608	218	84	3	24	94	3	131	3,863	10		27	47	8,110,672	1.17 E+08
2041	25	355	384	79	630	225	87	4	25	99	4	138	4,072	11		28	50	8,527,106	1.26 E+08

Nota: Elaboración propia.

Comportamiento de los factores de ejes equivalentes según metodología aplicada

Del análisis comparativo por factor camión según tipo de vehículo, metodología y diseño de pavimento se tiene los siguientes resultados (ver Tabla N° 31):

Las mayores cargas de ejes equivalentes son resultados de aplicar los pesos según la norma y reglamento de vehículos (sin control de cargas) en el caso del Método Simplificado del MTC. Y presenta menores ejes equivalentes de los datos tomados en campo del censo (con control de cargas), una de las razones de esta reducción se debe al promedio y frecuencia de vehículos encuestados.

Tabla 31: Factores de camión de acuerdo al tipo de pavimento y metodología

Por tipo de vehículo		Método AASHTO 1993		Método simplificado MTC			
		Pavimento flexible	Pavimento rígido	Pavimento Flexible	Pavimento rígido	Pavimento Flexible	Pavimento rígido
		Según Reglamento		Según Reglamento		Cargas del Censo	
Buses	B2	3.980	4.165	4.504	4.608	2.108	2.099
	B3	1.777	2.792	2.631	3.616	1.881	2.468
	B4	2.301	3.299	2.167	3.698	1.537	2.047
	C2	3.980	4.165	4.504	4.608	0.438	0.424
Camiones	C3	2.568	4.315	3.285	4.731	1.429	2.102
	C4	1.800	3.788	2.774	4.958	1.771	3.476
	2S1	7.437	7.822	7.742	7.942	7.742	7.942
	2S2	6.025	7.973	6.523	8.066	2.508	3.278
Semi Tráileres	2S3	5.783	8.859	6.210	8.773	5.713	7.713
	3S1	6.025	7.973	6.523	8.066	6.523	8.066
	3S2	4.612	8.124	5.304	8.189	2.568	3.829
	3S3	4.370	9.010	4.991	8.896	5.006	10.259
Tráileres	2T2	10.893	11.479	10.980	11.277	10.980	11.277
	2T3	9.481	11.630	9.761	11.400	9.761	11.400
	3T2	9.481	11.630	9.761	11.400	3.329	4.330
	3T3	8.069	11.781	8.542	11.524	4.199	5.702

Nota: Elaboración propia.

- La metodología AASHTO entrega factores destructivos menores por tipo de vehículo que el método simplificado de la cuarta potencia empleado en el Manual de Suelo y Pavimento del MTC (2014) según norma; ambos son factores mayores que la medición de los ejes en campo.
- Los mayores factores de ejes equivalentes (EAL) anual son obtenidos del pavimento flexible y del pavimento rígido del método simplificado de la cuarta potencia del MTC con ejes según norma (reglamento).

Tabla 32: Número de repeticiones de eje equivalente acumuladas - Tramo Yura - Patahuasi.

Año	Método AASHTO 1993						Método simplificado MTC					
	EE (W ₁₈) Pavimento Flexible (Reglamento)		EE (W ₁₈) Pavimento Rígido (Reglamento)		EE (W ₁₈) Pavimento Flexible (Reglamento)		EE (W ₁₈) Pavimento Flexible (Censo)		EE (W ₁₈) Pavimento Rígido (Reglamento)		EE (W ₁₈) Pavimento Rígido (Censo)	
	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
2017	1,493,476	1.49E+06	2,626,155	2.63E+06	1,724,413	1.72E+06	1,329,032	1.33E+06	2,684,688	2.68E+06	2,504,402	2.50E+06
2018	1,563,190	3.06E+06	2,754,561	5.38E+06	1,804,553	3.53E+06	1,395,627	2.72E+06	2,814,380	5.50E+06	2,633,286	5.14E+06
2019	1,639,068	4.70E+06	2,893,234	8.27E+06	1,891,622	5.42E+06	1,466,524	4.19E+06	2,954,467	8.45E+06	2,770,591	7.91E+06
2020	1,716,611	6.41E+06	3,035,966	1.13E+07	1,980,545	7.40E+06	1,541,762	5.73E+06	3,098,511	1.16E+07	2,915,054	1.08E+07
2021	1,800,502	8.21E+06	3,189,545	1.45E+07	2,076,905	9.48E+06	1,620,863	7.35E+06	3,253,724	1.48E+07	3,067,850	1.39E+07
2022	1,883,888	1.01E+07	3,344,788	1.78E+07	2,172,785	1.17E+07	1,701,312	9.06E+06	3,410,207	1.82E+07	3,224,953	1.71E+07
2023	1,975,002	1.21E+07	3,513,003	2.14E+07	2,277,399	1.39E+07	1,788,190	1.08E+07	3,579,902	2.18E+07	3,393,425	2.05E+07
2024	2,067,859	1.41E+07	3,685,018	2.50E+07	2,383,729	1.63E+07	1,877,490	1.27E+07	3,753,075	2.55E+07	3,567,457	2.41E+07
2025	2,171,374	1.63E+07	3,874,023	2.89E+07	2,502,143	1.88E+07	1,977,792	1.47E+07	3,943,563	2.95E+07	3,758,531	2.78E+07
2026	2,275,738	1.86E+07	4,068,195	3.30E+07	2,621,925	2.14E+07	2,078,475	1.68E+07	4,139,230	3.36E+07	3,954,534	3.18E+07
2027	2,387,177	2.10E+07	4,274,138	3.73E+07	2,749,771	2.42E+07	2,184,705	1.90E+07	4,346,761	3.80E+07	4,161,070	3.60E+07
2028	2,499,568	2.35E+07	4,485,007	4.17E+07	2,878,834	2.71E+07	2,295,039	2.13E+07	4,559,023	4.25E+07	4,376,490	4.03E+07
2029	2,621,352	2.61E+07	4,710,598	4.65E+07	3,018,276	3.01E+07	2,413,598	2.37E+07	4,785,968	4.73E+07	4,606,045	4.49E+07
2030	2,750,121	2.88E+07	4,949,715	5.14E+07	3,165,745	3.32E+07	2,537,613	2.62E+07	5,026,550	5.24E+07	4,847,350	4.98E+07
2031	2,883,115	3.17E+07	5,198,914	5.66E+07	3,318,177	3.66E+07	2,667,341	2.89E+07	5,277,047	5.76E+07	5,101,035	5.49E+07
2032	3,024,660	3.48E+07	5,462,103	6.21E+07	3,480,202	4.00E+07	2,805,463	3.17E+07	5,541,685	6.32E+07	5,369,050	6.03E+07
2033	3,171,322	3.79E+07	5,737,042	6.78E+07	3,648,361	4.37E+07	2,948,621	3.46E+07	5,817,921	6.90E+07	5,649,037	6.59E+07
2034	3,325,350	4.12E+07	6,025,772	7.38E+07	3,825,015	4.75E+07	3,099,518	3.77E+07	6,108,280	7.51E+07	5,943,964	7.18E+07
2035	3,491,091	4.47E+07	6,334,119	8.02E+07	4,014,394	5.15E+07	3,262,340	4.10E+07	6,417,827	8.15E+07	6,259,415	7.81E+07
2036	3,659,752	4.84E+07	6,651,375	8.68E+07	4,207,495	5.57E+07	3,428,377	4.44E+07	6,736,201	8.82E+07	6,584,782	8.47E+07
2037	3,840,339	5.22E+07	6,990,640	9.38E+07	4,414,262	6.02E+07	3,606,949	4.80E+07	7,076,791	9.53E+07	6,933,097	9.16E+07
2038	4,028,555	5.63E+07	7,344,860	1.01E+08	4,629,911	6.48E+07	3,792,412	5.18E+07	7,432,434	1.03E+08	7,296,278	9.89E+07
2039	4,226,749	6.05E+07	7,717,901	1.09E+08	4,856,755	6.96E+07	3,988,696	5.58E+07	7,806,691	1.11E+08	7,679,940	1.07E+08
2040	4,435,052	6.49E+07	8,110,672	1.17E+08	5,095,133	7.47E+07	4,194,244	6.00E+07	8,200,468	1.19E+08	8,082,853	1.15E+08
2041	4,656,949	6.96E+07	8,527,106	1.26E+08	5,348,669	8.01E+07	4,414,652	6.44E+07	8,618,033	1.27E+08	8,511,771	1.23E+08

Nota: Elaboración propia.

Comportamiento de la sobre carga en la carretera

En este tramo Yura – Patahuasi la circulación del transporte pesado, en especial los tráileres 3S3 tolvas, son los que transportan principalmente minerales con destino final el puerto Matarani. Generalmente estos vehículos van al límite de la carga permitida lo que demuestra en el FEC promedio calculado versus la norma ($4.54 < 4.71$), en este caso los viajes con el estado lleno de la carga represento el 66.3% de los viajes totales, ver tabla N° 33.

En ningún tipo de vehículo el FEC calculado resultante es mayor a la norma. Esta premisa indica que mayormente los vehículos transportan un peso al límite o menor a la norma. Si analizamos la tabla N° 33 podemos notar que los vehículos sobrecargados son mínimos o representan una parte insignificante en la circulación del transporte pesado, si además se tiene en promedio que más del 85% de vehículos transportan con el estado lleno de carga.

Tabla 33: Cálculo del FEC causado por las actividades económicas.

Tipo de Vehículo	Datos	Peso Total			Vehículos Sobrecargados	Factor Equivalente de Carga Resultante				FEC	FEC Máximo Normas
		Promedio	Máximo	Máx Según Norma		Eje 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4		
B2	20	12.51	16.60	18.00	2	0.69	1.42			2.11	4.50
B3	13	17.66	20.68	23.00	1	0.99	0.89			1.88	2.63
B4	5	20.62	21.67	32.00		0.50	0.23	0.80		1.54	2.17
C2	42	8.26	12.00	18.00		0.10	0.34			0.44	4.50
C3	22	15.77	25.30	25.00	3	0.43	1.00			1.43	3.28
C4	14	23.07	28.50	30.00	3	0.55	1.00			1.55	2.28
2S2	6	22.95	28.50	36.00		0.34	1.02	1.14		2.51	6.52
2S3	12	31.71	40.43	43.00	6	0.73	3.64	1.11		5.48	5.92
3S2	12	29.59	40.20	43.00	1	0.68	0.85	1.04		2.57	5.30
3S3	569	35.81	60.73	50.00	224	0.61	1.58	2.38		4.57	4.71
3T2	3	27.65	38.58	47.00		0.90	1.48	0.69	0.26	3.33	9.76
3T3	12	33.65	46.41	54.00	1	0.57	1.58	1.43	0.63	4.20	8.54

Nota: Elaboración propia (Censo de Carga en el tramo Yura – Patahuasi, medición de pesos por ejes).

El control del pesaje de los vehículos del transporte pesado en el trayecto de la carretera hace posible que tengamos factores menores a los dictados por la norma, produciendo que

la carretera su deterioro sea mínimo, como resultado de los datos obtenidos en el censo de carga.

4.6. RESULTADOS DE ESTUDIO DE LA VELOCIDAD

Resultados obtenidos de la muestra por placas

En el ámbito interurbano, viajes de larga distancia, el nivel de riesgo y la alta probabilidad de conducir a una mayor velocidad promedio de viaje es muy frecuente. Factores como diseño geométrico de la carretera, estado de superficie de rodadura y el tipo de terreno (accidentado) nos propone una velocidad directriz de viaje que permita reducir el nivel de ocurrencia de accidentes de tránsito a cero. En este tramo vial la velocidad máxima es de 60 Km./Hora, mayor a la velocidad promedio de viaje que emplean los vehículos en su circulación diaria por esta vía.

A diferencia, la velocidad normada o directriz es menor a la velocidad máxima tomada como límite en ambos sentidos. Esta superación explicada como “factor de cumplimiento de límite de velocidad” es de 20.5% ($= 60/50 - 1$) representa la cantidad de conductores que pueden incrementar su velocidad y nivel de riesgo al recorrer el tramo vial, resultados mostrados en la tabla N° 34.

La velocidad mínima de viaje se estima en 32.7 Km./Hora, superada por todos los vehículos que en promedio viajan a una velocidad de 46.1 Km./Hora, a excepción de los vehículos microbús, ómnibus y articulados.

Tanto el automóvil como la camioneta rural (combi) emplean una velocidad promedio de viaje superior al promedio de los vehículos en largas distancias (56.4 Km./Hora > 46.1 Km./Hora) con un tipo de terreno accidentado, e inclusive es mayor a la velocidad directriz con que se diseñó la vía.

A manera de conclusión, la velocidad promedio de viaje que emplean los vehículos según el estado de la superficie y el diseño geométrico de la carretera son las adecuadas sin sobrepasar la velocidad máxima permitida según el ámbito por donde recorre. La velocidad del auto, combi, pick up y bus es la mayor al resto de vehículos, siendo la de menor velocidad la del camión articulados (tráiler y semi tráiler), ver tabla N° 34.

Tabla 34: Velocidad promedio por tipo de vehículo.

Ámbito	Distancia Larga	
Progresivas	Km. 60+500 - Km. 71+000	
Longitud	10+500 Km.	
Velocidad Máxima Límite	60.0	Km./Hora
Velocidad Mínima Límite	32.7	Km./Hora
Velocidad Promedia de Viaje	46.1	Km./Hora
Automóvil	56.1	Km./Hora
Station Wagon	49.1	Km./Hora
Pick Up	49.6	Km./Hora
Camioneta Rural (Combi)	56.4	Km./Hora
Microbús	43.4	Km./Hora
Buses	44.9	Km./Hora
Camión 2E, 3E y 4E	43.8	Km./Hora
Tráileres (Articulados)	39.3	Km./Hora

Nota: Elaboración propia.

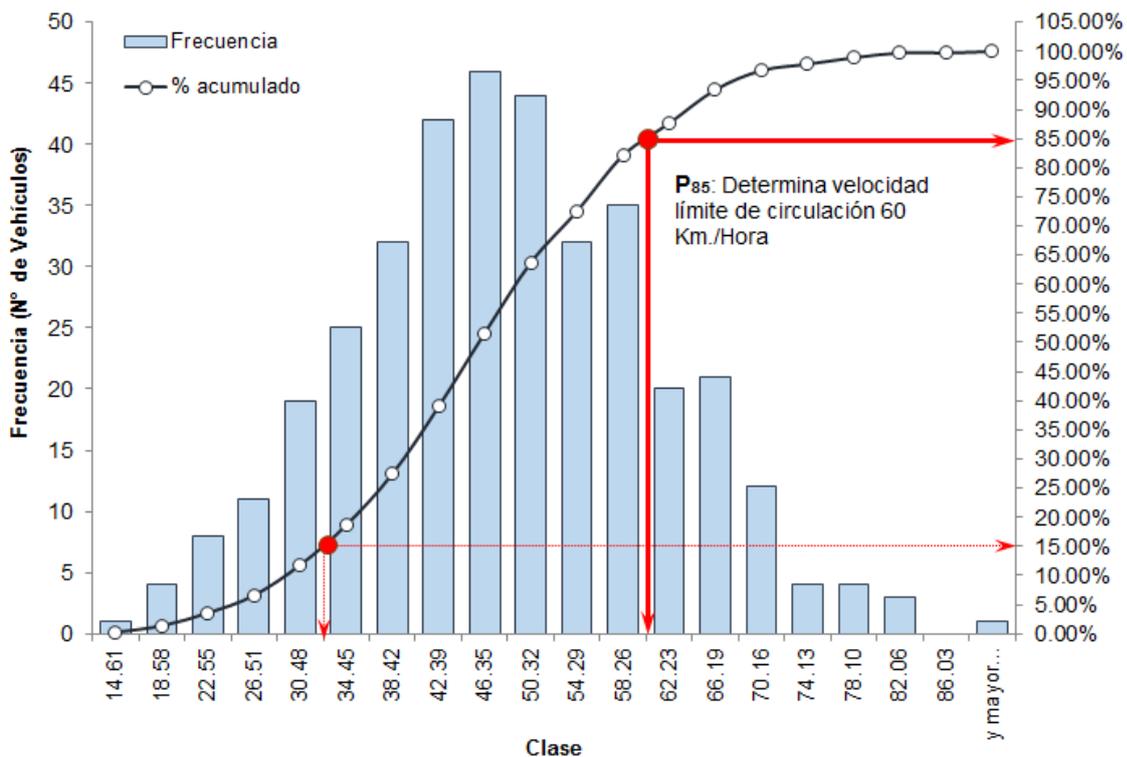


Figura 15 Curvas de velocidad promedio de viaje.

Nota: Elaboración propia.

4.7. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Análisis del Nivel de Servicio esperado por tramo

Se efectúa aquí la verificación del Nivel de Servicio en los tramos principales de la carretera para el periodo 2017-2036. El siguiente cuadro muestra los resultados del análisis efectuado considerando las proyecciones de crecimiento del tráfico en un escenario moderado.

Tabla 35: Resultados del análisis del nivel de servicio por tramos (asumiendo pendientes menores del 3% y extensión mayor a 3 km.)

Tramos	Periodo de análisis			
	2017 - 2021	2022 - 2026	2027 - 2031	2032 - 2036
Tramo Yura – Peaje Patahuasi	E	E	E	E

Nota: Elaboración propia, basándose del Estudio de Trafico y del diseño geométrico de la carretera

Se observa que, para el tramo, según el Manual de Capacidad estima un Nivel de Servicio “E” en parte importante del periodo de análisis, lo que en principio indicaría un nivel de servicio congestionado durante la circulación en las horas de mayor tránsito.

Estos resultados obtenidos es explicado por:

- El Nivel de Servicio es, como se mencionó antes es una medida cualitativa. Está asociado a la expectativa de calidad de circulación que tienen los conductores de los vehículos.
- En el caso de un camino de dos carriles clase I, el parámetro para la determinación del Nivel de Servicio es la velocidad promedio de viaje y el porcentaje de tiempo que los conductores circulan en pelotón, que está estrechamente ligado a la proporción de los lugares en los que no se permite el sobrepaso. En tramo accidentado y ondulado como el analizado, los conductores tienen bajas expectativas en la posibilidad de sobrepasar (adelantar).

- El tránsito para una carretera de dos carriles y trayecto en terreno accidentado y ondulado tiene una capacidad básica de 2,400 vehículos por hora. A nivel del tramo el flujo de vehículos es mayor a 500 por hora, proyectada en un escenario moderado. La participación de los vehículos pesados adquieren un peso significativo, lo que hace que se incrementen los volúmenes en vehículos equivalentes de manera considerable. Así mismo, la combinación de la topografía en terreno llano y la longitud seleccionada permita mejorar la velocidad promedio de recorrido de los vehículos.

A manera de conclusión, el Nivel de Servicio estimado para el tramo Yura – Patahuasi son consecuencia de una topografía accidentada y ondulada con una geometría vial que debe mejorarse, las condiciones de tránsito y con cierta incidencia la participación del transporte pesado que influyen en la calidad de servicio “E”. Siendo la velocidad promedio de viaje quien determina el nivel de servicio, a medida que la participación del vehículo pesado se incremente en la circulación tenderá a reducir la velocidad de viaje elevando el nivel de servicio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Luego de ejecutar la investigación en respuesta al problema planteado y contrastando las hipótesis respectivas, se llega a las siguientes conclusiones:

1. El TPDA calculada por tramo Yura – Patahuasi se tuvo un flujo de 4,092 vehículos por día, compuesto por 49.5% vehículos ligeros y 50.5% vehículos pesados. Sobresale la presencia de los semi tráileres (3S3) para el transporte de carga con una circulación de 1,226 vehículos por día que representa el 30.0% del tráfico total.
2. Respecto al conteo del año 2015, los flujos son similares a los conteos del año 2017. Una modificación importante representa la composición de vehículos, donde la presencia de los camiones de 2, 3 y 4 ejes ha crecido significativamente, del mismo modo los vehículos ligeros y los buses de transporte de personal. En el caso del transporte pesado semi tráileres hay una reducción relativa pero con un flujo mayor a los 1,200 vehículos x día.
3. El tramo de Yura – Patahuasi es un trayecto del camino con dirección a diversas unidades mineras de producción ubicadas en Apurímac, Cuzco, Madre de Dios y Puno. Sirviéndose de este tramo para el transporte de sus minerales hacia el puerto Matarani, viajes que se realizan en convoy de 10 a 15 vehículos, como de los insumos directos de la mina y la alimentación y vestimenta de sus trabajadores. Del mismo modo, desde Bolivia se transporta la harina de soya tanto para el mercado local y externo, los viajes que se realizan es encontrar 1 a 2 tráileres durante el día.
4. La característica de la mercancía o producto transportado está muy relacionada a la operación de las unidades mineras principalmente: 1) transporte de productos líquidos relacionado al combustible (petróleo, gasolina, lubricantes, otros); 2) desde la cementera Yura se transporta cal para la producción de cemento, y se comercializa cemento hacia Bolivia mercado principal; 3) transportes de productos de pan llevar que abastecen a las diversas ciudades mineras (frutas, verduras, papa, legumbres, aceites, arroz, menestras, otros).

5. El tráfico del transporte no motorizado no es muy significativo o muy exiguo, este comportamiento se debe principalmente a la topografía de la carretera como de su geometría vial, además de la distancia que existe entre las ciudades que conecta la carretera que es mayor a 20 Km. que representan viajes de larga distancia. En ese sentido, el flujo del tráfico del transporte no motorizado es nulo.
6. Las velocidades promedio de viaje calculadas está determinada por el tipo de topografía existente en la zona (accidentada y ondulada), características técnicas de la vía y la composición de la circulación por tipo de vehículo (presencia de tráileres y buses). Así tenemos que el automóvil es de 56.1 Km./Hora y el camión de 2 ejes es de 43.8 Km./hora como un máximo y mínimo. Para el ómnibus de 2 ejes su velocidad de 44.9 Km./hora y en el caso de tráileres es de 39.3 Km./hora. Dando en promedio una velocidad promedio de viajes de 46.1 Km./Hora y una velocidad máxima de límite de 60 Km./Hora (dato utilizado a efecto de medir la capacidad de la vía).
7. Las proyecciones de tráfico (periodo 2017 - 2037) para el tramo en estudio nos entrega resultado al final de los 20 años que en el tramo Yura – Patahuasi van a superar los 8,360 vehículos por día. Este indicador es probable que sea mayor, en función a la demanda de tráfico representa una AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE. Son aquellas carreteras de una calzada de 2 carriles por sentido que soportan más de 6,000 vehículos/día.
8. Los resultados por cada década de los EE para cada tramo de la carretera en estudio se presentan a continuación, según el mayor daño obtenido por el método simplificado del MTC según la norma (reglamento) tanto para el pavimento flexible como el pavimento rígido.

EALS

Periodo	Pavimento Flexible			Pavimento Rígido		
	Método AASHTO 1993	Método simplificado Norma	MTC Censo	Método AASHTO 1993	Método simplificado Norma	MTC Censo
	Año 2017	1.49E+06	1.72E+06	1.33E+06	2.63E+06	2.68E+06
2018 – 2021	8.21E+06	9.48E+06	7.35E+06	1.45E+07	1.48E+07	1.39E+07
2022 – 2026	1.86E+07	2.14E+07	1.68E+07	3.30E+07	3.36E+07	3.18E+07
2027 – 2031	3.17E+07	3.66E+07	2.89E+07	5.66E+07	5.76E+07	5.49E+07
2032 - 2036	4.84E+07	5.57E+07	4.44E+07	8.68E+07	8.82E+07	8.47E+07
2037 - 2041	6.96E+07	8.01E+07	6.44E+07	1.26E+08	1.27E+08	1.23E+08

5.2. Recomendaciones

De los resultados obtenidos, SE RECOMIENDA mejorar la geometría vial de la carretera en el tramo Yura - Patahuasi, permitirá adecuar el flujo de vehículos y el nivel de servicio existente ante un tráfico proyectado como su composición de vehículos. Debido a la presencia del flujo del transporte pesado de mayor capacidad de carga (3S3, tolva) por el crecimiento de la actividad minera.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

FUENTES BIBLIOGRAFICAS

- Cal, R., Reyes, M., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones* (Vol. 8a Edición). México: Alfaomega.
- Cárdenas, J. (2008). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: ECUE Ediciones.
- Ministerio de Transporte y comunicaciones (2005). *Estudio del Plan Intermodal de Transportes del Perú - Consorcio BCEOM-GMI-WSA*. Lima.
- Ministerio de Transporte y comunicaciones (2014). *"Manual de carreteras" Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.
- Garber, N. (2005). *Ingeniería de Tránsito y de carreteras*. México: Cengage Learning editores.
- HCM 2,000. (2000). *Transportation Research Board*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Martínez, D. (2014). *Análisis de la capacidad y nivel de servicio de la vía Luja - Vilcabamba (tramo de estudio Luja - Londanguí) aplicando la metodología del HCM 2000*. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica particular de Loja. Retrieved from <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8461/1/Martinez%20Aldean%20Diego%20-%20Ing.%20Civil.pdf>
- Narváez, V. (2012). *Impacto del mejoramiento de la vía el Rosal – Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector el Rosal, provincia de Pastaza*. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Retrieved from <file:///C:/Users/Jhonny/Downloads/TESIS.pdf>
- Ordoñez, G. (2009). *Aplicación del manual de capacidad de carreteras (HCM) versión 2000, para evaluación del nivel de servicio de carreteras multicarriles*. Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3023_C.pdf
- Palma, J. (2003). *Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea las victorias y finca conchas, del municipio de villa canales*. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2309_C.pdf

- Palma, R. (2006). *Aplicación del Manual de capacidad de carreteras (HCM) versión 2000, para la evaluación del nivel de servicio de carreteras de dos carriles*. Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2614_C.pdf
- Quiñonez, E. (2011). *Planeamiento y Diseño Preliminar de Carriles de sobrepaso para vías de primer orden en zonas accidentadas y de altura*. Tesis de Postgrado, Lima. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/829/1/quinonez_re.pdf
- Romero, E. (2014). *Ingeniería de Tránsito para la estimación de la oferta y la demanda de estacionamientos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Retrieved from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/3172/1/Tesis.pdf>
- Tito, L. (2014). *Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay Tramo IV, pertenece a la ruta PE - 28B*. Universidad Ricardo Palma, Lima. Retrieved from http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/420/1/Tito_lf.pdf

ANEXO A

TIPOLOGIA DE CARGA Y DESCRIPTORES DE CAMPOS DE ENCUESTAS.

TIPOLOGÍA DE CARGA TRANSPORTADA

1	PRODUCTOS AGRICOLAS	6	MATERIALES DE CONSTRUCCION
1	Frutas y Verduras	51	Cemento
2	Papas	52	Fieros, Alambre, Clavos y Ladrillos
3	Leguminosas y Arroz	53	Estanque de Agua
4	Trigo	54	Casa Prefabricadas y Paneles
5	Avena, Pasto, Maíz y Coseta	55	Arena, Ripio y Estabilizado
6	Remolacha, Semillas	56	Asfalto
7	Algodón	57	Esteras
8	Café	58	Calaminas
9	Cacao	59	
10	Otros Agrícolas	60	Otros Construcción
2	PRODUCTOS MINEROS	7	PRODUCTOS ALIMENTICIOS
11	Concentrados de Cobre 62Azúcar	61	Abarrotes
12	Hierro, Zinc, Manganeso y Sodio	62	Azúcar
13	Carbón Carboncillo	63	Harina
14	Cal, Caliza, Yeso y Mármol	64	Bebidas, vinos embotellados, licores
15	Azufre, Salitre y Fertilizantes	65	Vino a Granel
16	Plomo	66	Sal
20	Otros Minerales	70	Otros
3	PRODUCTOS FORESTALES	8	PRODUCTOS INDUSTRIALES
21	Madera Elaborados y/o Aserradas	71	Cobre Elaborado, Barras y Cables
22	Celulosa, Papel y Derivados	72	Aceros, Zinc y Latón
23	Leña, Rollizos y Chips	73	Productos Químicos y Plásticos
		74	Ácidos y Productos Corrosivos
		75	Explosivos
30	Otros Forestales	80	Otros
4	PRODUCTOS GANADEROS, PECUARIOS Y AVICOLAS	9	PRODUCTOS VARIOS
31	Animales en Pie	81	Maquinarias, Vehículos, Repuestos y Neumáticos
32	Carnes y Cecinas	82	Vestuario y Calzados
33	Productos del Mar	83	Medicamentos, Drogas y Cosméticos
34	Productos Lácteos	84	Libros, Revistas y Diarios
35	Productos Avícolas	85	Envases Vacíos
		86	Camiones Estanques y Frigoríficos Vacíos
40	Otros	87	Menaje
5	PRODUCTOS COMBUSTIBLES	88	Encomiendas
41	Petróleo, Bencina y Parafina	89	Detergentes
42	Gas licuado, Oxígeno y Acetileno	90	Electrodomésticos y Línea Blanca
		92	Mudanzas
50	Otros	95	Otros
		99	Camiones Vacíos

LISTADOS DE PRODUCTOS EMPLEADOS

Código	Descripción
A01	Arroz pilado
A02	Trigo
A03	Maíz duro (amarillo) y sorgo (grano)
A04	Papa
A05	Cebolla
A06	Cítricos (naranja, limón y mandarina)
A07	Plátano
A08	Algodón fibra
A09	Yuca
A10	Café
A11	Ajo
A12	Frutas (manzana, mangos, palta, piña y papaya)
A13	Menestras (fríjol, arvejas, haba)
A14	Maíz amiláceo
A15	Cebada (grano)
A20	Otros (avena, legumbres, camote, coca, maní, etc.)
F01	MAROMA (Caña de Guayaquil, paja, palos, etc.)
F02	EUCALIPTO
F03	VARIOS (Maderas, algarrobos, leña, etc.)
H01	Petróleo crudo
H02	Gases licuefactados
H03	Combustible de aviación
H04	Gasolina motor
H05	Kerosene
H06	Petróleo diesel
H07	Petróleo industrial
H08	Aceites, grasas, lubricantes y asfaltos
H10	Otros (negro humo,)
I01	Leche enlatada
I02	Harina de trigo
I03	Aceites y grasas comestibles
I04	Azúcar
I05	Cerveza
I06	Alimentos balanceados
I07	Urea y otros fertilizantes
I08	Cemento
I09	Madera aserrada
I10	Productos siderúrgicos

LISTADOS DE PRODUCTOS EMPLEADOS (OPI – 2000)

Código	Descripción
I11	Papel y cartones
I12	Ácido sulfúrico
I13	Fideos
I14	Lana y Derivados
I20	Otros (bote. vacías, gaseosas, medicinas, etc.)
I21	Motor, vehículos, maquinarias, etc.
I22	Chatarra
M01	Plomo
M02	Zinc
M03	Cobre
M04	Hierro
M05	Productos refinados (plomo, zinc, cobre)
M06	Otros (cal, agregados, arena, ladrillo, yeso, etc.)
P01	Vacuno
P02	Caprino
P03	Ovino
P04	Porcino
P10	Otros (aves, carne, embutidos, huevos, etc.)
Q01	Congelado de pescado
Q02	Harina de pescado
Q03	Aceite crudo de pescado
Q04	Enlatado de pescado
Q10	Otros (pescado fresco, truchas, langosta, etc.)
V01	Vacíos
V02	Otros (desechos, etc.)

ENCUESTA ORIGEN – DESTINO DE CARGA

Tipo de Camión		Según formato de vehículos (ver diagrama vehicular)
Carrocería		
Combustible		Código del tipo de combustible 1= Petróleo 2= Gasolina 3= Gas 4= Otros
Embalaje		Tipo de que es usado para el transporte del producto 1 = A granel 2 = En jaba 3= En sacos de yute 4 = En Cajas 5 = En container 6 = Otros
Producto	Carga	Carga por producto transportado (ver tabla N° 1)
	Tipo	Tipo de producto transportado (ver tabla N° 2)
Origen		
Destino		
Estado	Ll	Lleno : El vehículo esta con carga completa
	Se	Semi Lleno: El vehículo esta semi cargado.
	Va	Vacío
N° Asientos		Número de asientos
N° pasajeros		Número de ocupantes del vehículo
Marca		Marca del vehículo
Modelo		Modelo del vehículo
Año		Año de fabricación del vehículo
Peso de Carga	Tara	Peso de vehículo sin carga (Peso en Seco)
	Útil	Carga Útil en toneladas
	Total	Peso que transporta en toneladas

ENCUESTA ORIGEN – DESTINO DE PASAJEROS

Tipo de Vehículo	Código para clasificar el tipo de vehículo 1 = Vehículo ligero 2 = Camioneta station wagon (colectivos) 3 = Camioneta Pick – up 4x4 4 = Camioneta rural (combi) 5 = Microbús 6 = Bus de 2E 7 = Bus de 3E 8 = Otros	
Marca	Marca del vehículo	
Modelo	Modelo del vehículo	
Año	Año de fabricación del vehículo	
Combustible	Código del tipo de combustible 1= Petróleo 2= Gasolina 3= Gas 4= Otros	
Nº Asientos	Número de asientos	
Nª pasajeros	Número de ocupantes del vehículo	
Origen		
Destino		
Frecuencia	Son las veces que circula el transporte por la carretera 1 = Todos los días 2 = Interdiario 3 = 3 veces por semana 4 = 1 vez por semana 5 = Otros	
Motivo de Viaje	T	1 = Trabajo
	P	2 = Paseo, turismo, otros similares
	E	3 = Estudios
	S	4 = Salud
	O	5 = Otros

ANEXO B

FORMATOS



CENSO DE CARGA

Censo N° Fecha: Hora: Sentido:

ORIGEN DE LA CARGA Departamento: _____ Provincia: _____
 Distrito: _____ Lugar: _____

DESTINO DE LA CARGA Departamento: _____ Provincia: _____
 Distrito: _____ Lugar: _____

1. Frecuencia de la utilización: _____ veces por:
 1. Día 2. Semanal 3. Mensual 4. Anual 5. Primera Vez 6. Eventual

2. Tipo de Viaje:
 1. Recorrido directo, sin descanso ni tránsito. 2. Recorrido con transbordo de mercaderías
 3. Recorrido con tránsito, descansa sin dejar mercancías. 4. Otro recorrido: _____

3. Marca del vehículo: _____ N° de Placa: _____ Año: _____

4. Modelo: _____ Tipo de combustible N° de asientos Ocupados

5. Tipo de Vehículo:

<input type="checkbox"/> 1. Bus 2 ejes	<input type="checkbox"/> 6. C4	<input type="checkbox"/> 11. T283 (283)	<input type="checkbox"/> 16. C2R3 (2T3)
<input type="checkbox"/> 2. Bus 3 ejes	<input type="checkbox"/> 7. 8X4	<input type="checkbox"/> 12. T382 (382)	<input type="checkbox"/> 17. C3R2 (3T2)
<input type="checkbox"/> 3. B4-1	<input type="checkbox"/> 8. Camión Sistema	<input type="checkbox"/> 13. T383 (383)	<input type="checkbox"/> 18. C3R3 (3T3)
<input type="checkbox"/> 4. C2	<input type="checkbox"/> 9. T281 (281)	<input type="checkbox"/> 14. T38e3	<input type="checkbox"/> 19. C3R4 (4T3)
<input type="checkbox"/> 5. C3	<input type="checkbox"/> 10. T282 (282)	<input type="checkbox"/> 15. C2R2 (2T2)	<input type="checkbox"/> 20. OTRO

6. Tipo de carrocería:

<input type="checkbox"/> 1. Camión (Estaca o cajón)	<input type="checkbox"/> 4. Trailer (Tolva)	<input type="checkbox"/> 7. Planchón o Chata
<input type="checkbox"/> 2. Tanque o Sistema	<input type="checkbox"/> 5. Furgón	<input type="checkbox"/> 8. Grúa
<input type="checkbox"/> 3. Volquete	<input type="checkbox"/> 6. Termo King	<input type="checkbox"/> 9. Otro: _____

7. Tipo de carga transportada

<input type="checkbox"/> 1. Mercancía a granel líquida	<input type="checkbox"/> 3. Contenedor 20 pies	<input type="checkbox"/> 5. Mercancía paletizada
<input type="checkbox"/> 2. Mercancía a granel sólida	<input type="checkbox"/> 4. Contenedor 40 pies	<input type="checkbox"/> 6. Mercancía en sacos de yute
<input type="checkbox"/> 7. En Cajas	<input type="checkbox"/> 8. Contenedor Frigorífico	<input type="checkbox"/> 9. Cámara Frigorífica
<input type="checkbox"/> 10. Otros: _____	(especificar)	

8. El camión está?
 1. lleno 2. semi-lleno 3. vacío 4. otro: _____

9. ¿Cuál es la carga transportada? (para vacíos cuál es la carga usual)

10. Peso Bruto Tn. Carga Util Tn.

11. Medición de los pesos (TN) e inflados del neumático por ejes

Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8

Encuestador: _____ Supervisor: _____ Tabulador: _____

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS NACIONAL

ESTUDIO A NIVEL DE FACTIBILIDAD - CARRETERA AREQUIPA - YURA - PATAHUASI

RESUMEN - ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

Tramo de la carretera		Estación	
Sentido		Código de Estación	
Ubicación		Fecha	

Hora	Auto	Camionetas			Micro	Bus			Camión			Semi Trayer					Trayer				TOTAL	
		Station Wagon	Pick-up	Combi		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
0 - 1																						
1 - 2																						
2 - 3																						
3 - 4																						
4 - 5																						
5 - 6																						
6 - 7																						
7 - 8																						
8 - 9																						
9 - 10																						
10 - 11																						
11 - 12																						
12 - 13																						
13 - 14																						
14 - 15																						
15 - 16																						
16 - 17																						
17 - 18																						
18 - 19																						
19 - 20																						
20 - 21																						
21 - 22																						
22 - 23																						
23 - 24																						
TOTAL																						

Encuestador: _____

Ing. Supervisor: _____

Ing. Responsable: _____



ENCUESTA ORIGEN - DESTINO TRANSPORTE DE PASAJEROS

Encuesta N° Fecha Hora Sentido

ORIGEN DEL VIAJE Departamento: _____ Provincia: _____
Distrito: _____ Lugar (Poblado): _____

DESTINO DEL VIAJE Departamento: _____ Provincia: _____
Distrito: _____ Lugar (Poblado): _____

Empresa de Transporte: _____

Motivo del viaje 1. Trabajo 2. Turismo 3. Estudio 4. Salud 5. Otros

Costo pasaje (S/. x Pasajero) Costo del Flete (S/. x TN)

Frecuencia de la utilización: _____ veces por:
 1. Día 2. Semanal 3. Mensual 4. Anual 5. Primera Vez 6. Eventual

1. Marca del vehículo: _____ N° de Placa: _____ Año: _____

2. Modelo: _____ N° de Asientos Ocupados

3. Tipo de combustible 1. Petróleo 2. Gasolina 3. Gas 4. Otro _____

4. Tipo de Vehículo:
 1. Bus 2 ejes 2. Bus 3 ejes 3. Bus 4 ejes 4. Automóvil
 5. Station Wagon 6. Pick Up 7. Camioneta Rural 8. Microbús
 9. Otros _____

5. Cual es la carga transportada?

Encuestador: _____ Supervisor: _____ Tabulador: _____

PROVIAS NACIONAL

ESTUDIO A NIVEL DE FACTIBILIDAD - CARRETERA AREQUIPA - YURA - PATAHUASI

MEDICION DE VELOCIDAD

Tramo de la carretera									
Ubicación									
Distancia: 2 a 5 Km.									
N°	Tipo de vehículo	Placas	Sentido	Tiempo Inicio			Tiempo Final		
				Hora	Minuto	Segundo	Hora	Minuto	Segundo
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									

Encuestador: _____

Ing. Supervisor: _____

ANEXO
PANEL FOTOGRAFICO

TRAMO 01: Yura – Peaja Patahuasi

Estado deteriorado de la vía a Patahuasi hacia el fondo se nota la cementera de Yura, en la progresiva 60+000.



Lugar desde donde se aforo a los vehículos del tramo Yura – Patahuasi.



En este punto se realizó la encuesta origen – destino de pasajeros como el censo de carga, en la progresiva Km. 60+500.



Tráiler 3S3 procedente de Madre de Dios, transporta madera, siendo encuestado por el técnico. Como se observa se tiene los conos en la vía para poder desviar al vehículo sin perjudicar la circulación vehicular.



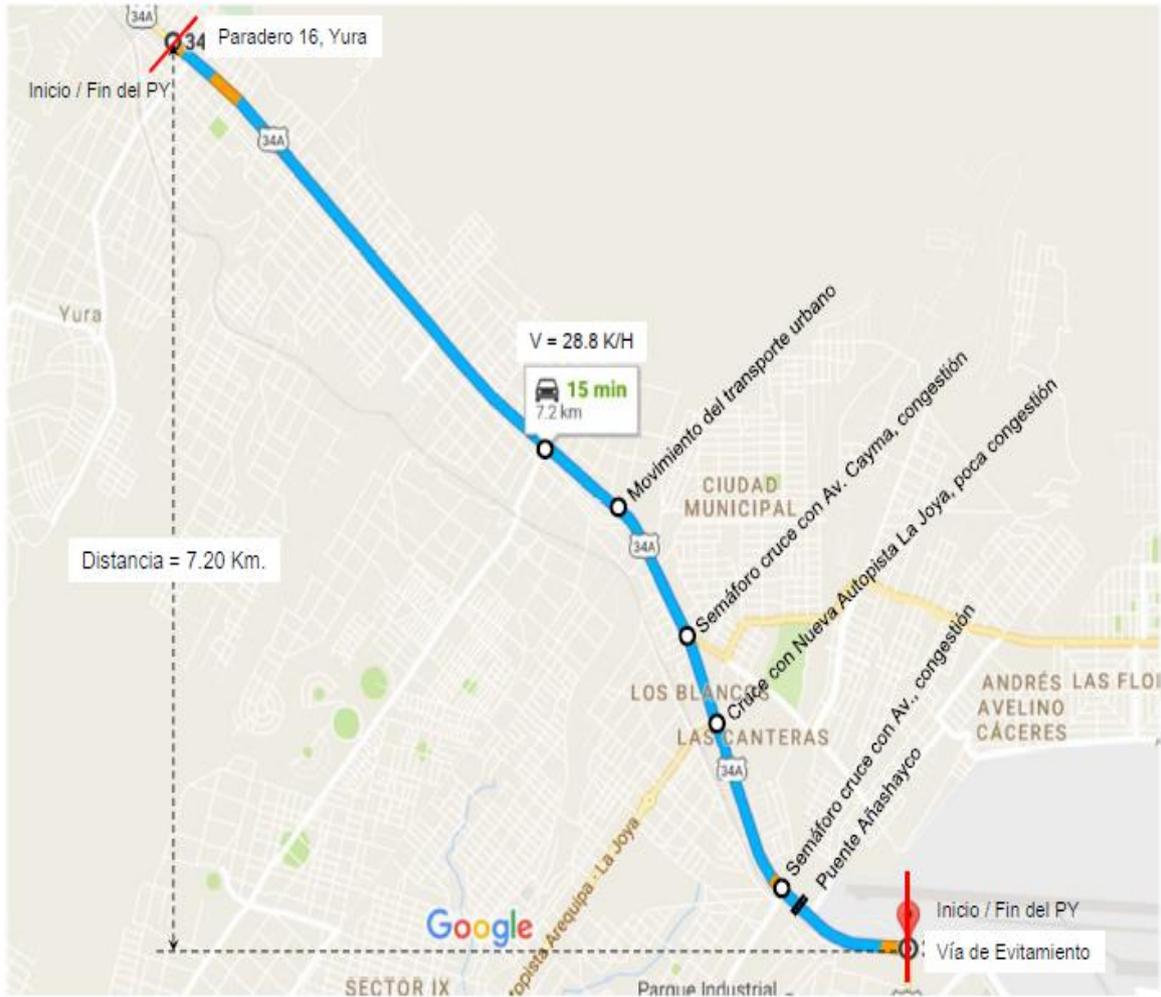
Tráiler 3S3 encuestado y midiendo la presión en los neumáticos, luego se procede a su peso por la balanza.



No hay espacio requerido para colocar las plataformas se tenía que colocar una cama de arena para la amortiguación de las plataformas en terreno pedroso, la balanza se colocó fuera de la vía de circulación como se observa en la foto.



MAPA DE ESTUDIO DE TRÁFICO



ANEXO C

ALGUNOS RESULTADOS

VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO CON PROYECTO

Carretera Carretera Yura - Peaje Patahuasi, Ruta PE-34A
 Tramo Yura - Peaje Patahuasi
 Ubicación Salida de Yura en la progresiva Km. 60+100, al costado del grifo PRIMAX

Codigo de la Estacion E-1
 Fecha Viernes 13, de enero 2017

Sentido: Salida de la localidad de Yura a Patahuasi																						
Hora	Auto	Camionetas			Micro	Bus			Camión			Semi Trailer					Trayler				Total x Hora	
		SW	Pick-up	Combi		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
0 - 1	7		2	2					5	3						1	16					39
1 - 2	5		2	4	2	1			2		1				1		9					27
2 - 3	3		2	1		1		2	4						1		9					23
3 - 4	10		14	9				1	7	1				1	2		16					62
4 - 5	17	2	10	16	1	3			8	1	1					1	18					77
5 - 6	26	1	18	8	1	3	2		5	1				3			38					106
6 - 7	29	4	22	11	1	4	2		2	1	2					1	25					104
7 - 8	27	4	28	10	3	3	6		10	3	1						50					145
8 - 9	18	2	18	9	2	5	3		2	3						1	35					98
9 - 10	36		14	22	2	4	5	1	4	1						2	32					124
10 - 11	26	3	17	10	3	3	4		3	4	1				2		35			1		112
11 - 12	24	2	15	13	1	3	2	1	4						1	1	17					84
12 - 13	14	1	13	13	2	4	1	1	5	4					2	2	27					87
13 - 14	15	3	15	13	1	3	4		5	3							32					94
14 - 15	23	3	12	10	1	1	4	1	4	2							32					93
15 - 16	33		9	14		5	3	1	10	3	1					1	18					98
16 - 17	17		7	14	1	2	3		8	4	3					2	30					96
17 - 18	14	1	12	10	1	3	4	1	7	1	4			1	1	1	37					97
18 - 19	21		10	10	1	3	3		6	4	4				3	1	16			1		83
19 - 20	9	1	4	7	1	9			12	4	1			6		2	19				1	76
20 - 21	9	1	7	9		10	1		10	7	2						11					67
21 - 22	10	1	8	2		6	9	1	20	5	4			1	1	1	25				2	96
22 - 23	19	1	4	3	1	3	18	9	17	7	1				1	29			1		1	115
23 - 24	2	3	3	2		3	11	2	4	3	1					19						53
TOTAL	414	33	266	222	24	82	91	18	164	65	27	1	7	24	0	18	595	1	0	2	4	2,058

Sentido: Salida de la localidad de Patahuasi a Yura																						
Hora	Auto	Camionetas			Micro	Bus			Camión			Semi Trailer					Trayler				Total x Hora	
		SW	Pick-up	Combi		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	> 3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
0 - 1	11		5	3		3	1		2	1						1	9					36
1 - 2	6		4	3		5	3		18	3	4			3			5					54
2 - 3	4	1	8	4		4	5	1	9	4							7				1	48
3 - 4	4		2	2	1	6	7	2	6	2							12					44
4 - 5	3	1	3	3		8	8		8	3						1	6					44
5 - 6	2		4	2	2	3	10	3	7	4	3						21				2	63
6 - 7	3		13	6	1	4	6	3	6	4	1			1		2	25					72
7 - 8	10	2	16	9		3	3		6	2				2		23						73
8 - 9	18		8	10		2	2		4	3						21						68
9 - 10	12	6	11	10		16		1	7	3	3				2	16						91
10 - 11	21	2	20	10		2	2		7	3	1			2	2	42						114
11 - 12	16		15	6		1	1		2	2				1		39						85
12 - 13	24	2	15	14		3	1		4	3						26						92
13 - 14	26		18	13		11	4	1	4	1					1	17				1		97
14 - 15	23		31	13		3	4	1	11	2	1					42						131
15 - 16	30	2	18	32	1	2	3	1	2	3						20						114
16 - 17	47		40	24	1	5	4	1	7	3	2			1		71				1		207
17 - 18	32		31	11	2	9	1		6	2	1					45						141
18 - 19	36	1	29	15	2	3	8	1	2	5					1	36						139
19 - 20	28	2	20	24	1	5	4	1	7					1		23						116
20 - 21	29		12	19	2		4		4	2				1		13					1	93
21 - 22	28	3	11	18	1	2	5		9	2	1			1		9					1	92
22 - 23	16	2	17	10	1	5			4	2					2	13						72
23 - 24	15	1	6	6		1	5		7	3	1			1		6						52
TOTAL	444	25	357	267	15	99	91	16	149	62	18	0	5	14	0	22	547	0	0	2	5	2,138

ANEXO D – ALGUNOS RESULTADOS

ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO DE PASAJEROS

TRAMO DE LA CARRETERA	YURA - PATAHUASI
UBICACIÓN	A LA SALIDA DE LA LOCALIDAD DE YURA, EN LA PROGRESIVA 60+500

Día	Hora	S	ORIGEN				DEMANDA				Empresa de Transporte	Motivo del viaje	N° Veces	Frecuencia de viajes	Marca	Placa	Año	Modelo	N° Asientos		Combustible	TV
			DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LUGAR	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LUGAR									TARJETA	OCCUPA		
29/01/2017	16:24	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	ET Reyna	1	1	3	Mercedes Benz	V1L-766	2006	OF 1721	44	33	1	1
29/01/2017	14:15	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Sur	1	1	2	Scania	Z1S-957	2008	C6MYK941B 4x2	51	34	1	1
29/01/2017	09:36	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Famisa	1	5	2	Mercedes Benz	V84-954	2012	OF 1721	51	45	1	1
29/01/2017	10:59	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	San Cristobal de Sur	1	1	1	Scania	Z2C-960	2008	K30	55	25	1	1
29/01/2017	15:12	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Huamanga Yours	1			Volvo	V3S-956	1995	B75	47	34	1	1
29/01/2017	15:29	2	Arequipa	Caylloma	Caylloma	Mina Bateos	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Jesa Tours	1	1	2	Volvo	V5F-969	2000	B7F 4x2	50	45	1	1
29/01/2017	15:55	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Oriental	1	1	1	Scania	F0H-163	2008	K94	54	45	1	1
29/01/2017	09:44	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Julsa	1	1	1	Scania	V1Z-968	2008	K94			1	1
29/01/2017	14:15	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Julsa	1	1	1	Scania	V1Z-968	2008	Scania	50	28	1	1
29/01/2017	14:53	2	Cuzco	Espinar	Hunter	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	America	1			Mercedes Benz	V4C-952	2007	O-500			1	1
29/01/2017	15:05	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Huaranga del sur	1	1	1	Volvo	A4I-959	1998	B75	50	25	1	1
31/01/2017	12:10	2	Arequipa	Chivay	Chivay	Orcopampa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	2	2	Volvo	A1D-961	1995	B75	47	5	1	1
31/01/2017	15:11	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Huamanga	1	3	2	Volvo	V3S-956	1995	B75	47	26	1	1
31/01/2017	16:24	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	VDX-966	2011	OF-1721-50	43	30	1	1
31/01/2017	16:28	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	VIL-755	2011	OF-1721-50	43	27	1	1
31/01/2017	16:30	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Yauri	Constansa	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	V1X-956		OF-1721-50	43	38	1	1
31/01/2017	16:32	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	V4R-966	2011	OF-1721-50	43	20	1	1
31/01/2017	16:38	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	VOD-956	2011	OF-1721-50	43	5	1	1
31/01/2017	16:44	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Constansa	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Reyna	1	1	2	Mercedes Benz	VOD-968	2011	OF-1721-50	43	19	1	1
29/01/2017	10:26	2	Madre de Dios	Puerto Maldonado	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Wayra	1	3	3	Scania	B0B-954	2012	K410	64	30	1	2
29/01/2017	14:23	2	Puno	Julaca	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Alas del sur	1	1	1	Volvo	A2Y-958	2008		54	20	1	2
29/01/2017	15:02	2	Puno	Julaca	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Transela	1	1	1	Mercedes Benz	B8E-953	2007	D500 RSD	57	33	1	2
29/01/2017	15:45	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Flores	1	1	2	Mercedes Benz	Z60-952	2005	OF 1724	56	24	1	2
29/01/2017	07:12	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Julsa	1	1	2	Scania	C1062	2014	K380	61	50	1	2
29/01/2017	07:32	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Real de Sur	1	3	2	Scania	A1F-962	2015	K380	61	54	1	2
29/01/2017	09:00	2	Madre de Dios	Puerto Maldonado	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Power	1	2	2	Mercedes Benz	F9T-701	2014	O-500	46	30	1	2
29/01/2017	09:31	2	Madre de Dios	Tambopata	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Mendivil	1	2	2	Scania	B1P-968	2012	K360	30	40	1	2
29/01/2017	12:06	2	Puno	San Roman	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Transela	1	1	1	Mercedes Benz	B9A-959	2008	O-500	50	30	1	2
29/01/2017	14:36	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Cercado	Terminal	Flores	1	1	1	Mercedes Benz	Z70-958	2002	O-400	58	49	1	2
31/01/2017	12:30	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	America	1	3	2	Volvo	C8P-964	2013	B340R	49	25	1	2
31/01/2017	12:40	2	Puno	San Román	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	San Román	1	1	1	Volvo	VIP-959	2013	B12R	53	35	1	2
31/01/2017	13:15	2	Puno	San Román	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Señor de Los Milagros	1	3	2	Volvo	A6W-960	1995	B75	47	35	1	2
29/01/2017	14:15	2	Puno	Julaca	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	ET Canazas	1	1	2	Scania	B2N-967	2002	K124 8x2	59	50	1	3
29/01/2017	10:33	2	Madre de Dios	Tambopata	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	ET Turismo Mundial	1	3	3	Volvo	B2L-962	2007	B12R	61	10	1	3
29/01/2017	08:29	2	Madre de Dios	Puerto Maldonado	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	ET Turismo Mundial	1	3	3	Scania	B8B-965	2011	K380	68	60	1	3
29/01/2017	14:51	2	Puno	Julaca	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Zolorzano	1	3	2	Volvo	A7S-960	2007	B12R	54	2	1	3
29/01/2017	15:13	2	Puno	Julaca	Julaca	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	Andoña	1	1	1	Scania	D8I-953	2012	K410B	54	30	1	3
29/01/2017	07:30	2	Arequipa	Arequipa	Yura	Yura	Arequipa	Arequipa	Cercado	Plaza de armas	Particular	1	2	1	Toyota	V7B-178	2015	Yaris	5	2	2	4
29/01/2017	08:10	2	Puno	San Roman	Julaca	Julaca	Arequipa	Islay	Mollendo	Plays	Particular	2	1	5	Kia	Z3Q-595	2013	Picanto	5	4	2	4

ANEXO E – ALGUNOS RESULTADOS

ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO DE CARGA

Título de la carretera	YURA - PATAHUASI
Ubicación	A LA SALIDA DE LA LOCALIDAD DE YURA, EN LA PROGRESIVA 60+500

Dia	Hora	Sentido	ORIGEN			DEMANDA			Frecuencia	Tipo de Viaje	Marca	Placa	Año	Modelo	Combustible	N° Asientos Según TP	Tipo de Vehículo	Tipo de Carrocería	N° ejes	Tipo de Carga	Estado de la carga	Carga transportada o movilizaba				
			DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LUGAR	DEPARTAMENTO	PROVINCIA															DISTRITO	LUGAR		
29/01/2017	06:45	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilca	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	AMK-776	2015	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	06:48	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilca	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	ABP-881	2014	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	06:53	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilca	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	ABP-887	2015	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	06:57	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilca	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	ABP-851	2015	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	07:01	2	Puno	Julitaca	Julitaca	Centro Julitaca	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Via Evitamiento	1	Semanal	Volvo	V3E-882	1982	F12	Petroleo	2	1	353	Planchón	6	Granel Solido	Vacío	Tanques de agua	
29/01/2017	07:02	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilcas	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	ABP-914	2014	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	07:07	1	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Cervosa	Cuzco	Chumbivilca	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	F4L-971	2014		Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	
29/01/2017	07:09	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilcas	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	ABQ-945	2016	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Residuos minerales	
29/01/2017	07:12	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	1	Semanal	Scania	K1062	2014	K380	Petroleo	61	50	B3E	Omnibus	3	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	07:15	1	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Via Evitamiento	Cuzco	Espinar	Espinar	Campamento Tintaya	3	Semanal	Kenworth	V5R-914	2013	T600	Petroleo	2	2	373	Planchón	6	Granel Solido	Lleno	Bolas de acero	
29/01/2017	07:15	2	Puno	Puno	Puno	Terminal	Arequipa	Arequipa	Miraflores	Miraflores	1	Eventual	Chevrolet	V2W-520	2011	Sail	Gasolina	5	3	A	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	07:15	2	Puno	Julitaca	Julitaca	Centro Julitaca	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Variante Uchumayo	5	Semanal	Kenworth	ADS-744	2013	860	Petroleo	2	2	353	Camión	6	Granel Solido	Lleno	Balones de Gas	
29/01/2017	07:25	2	Cuzco	Cuzco	Cuzco	Parque Industrial	Arequipa	Arequipa	Jose Luis Bustamante	Av. Pantil	1	Semanal	Volvo	ABR-936	2002	FH12	Petroleo	2	1	353	Baranda Metálica	6	Granel Solido	Vacío	Varillas de acero	
29/01/2017	07:30	2	Arequipa	Arequipa	Yura	Yura	Arequipa	Arequipa	Cercado	Plaza de armas	2	Diario	Toyota	V7B-178	2015	Yaris	Gasolina	5	2	A	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	07:31	1	Arequipa	Islay	Mollendo	Puerto Matarani	Puno	San Roman	Julitaca	Grifo Repsol	2	Semanal	Volvo	V2I-871	2010	FH-6X4T	Petroleo	2	1	353	Cisterna	6	Granel Liquida	Lleno	Petroleo	
29/01/2017	07:32	2	Cuzco	Cuzco	Santiago	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Jose Luis Bustamante	Mercado Avelino	1	Semanal	International	V7H-929	2014	B 2000	Petroleo	2	1	353	Planchón	6	Sacos yute	Lleno	Papas	
29/01/2017	07:32	2	Puno	Julitaca	Julitaca	Julitaca	Arequipa	Arequipa	Bustamante	Grateras	3	Semanal	Renault	ZAP-969	2014	Master	Petroleo	16	12	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	07:32	2	Puno	Puno	Puno	Puno	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	3	Semanal	Scania	A1E-862	2015	K380	Petroleo	61	54	B3E	Omnibus	3	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	07:36	2	Bolivia	La Paz	El Alto	Jr. Aconagua	Arequipa	Arequipa	Yura	Cemento Yura	1	Semanal	Volvo	3154YFF	2008	WNL	Petroleo	2	1	353	Baranda Metálica	6	Bolsas	Vacío	Cemento	
29/01/2017	07:40	1	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal Imestre	Puno	San Roman	Julitaca	Terminal	4	Semanal	Scania	Z2C-961	2015	B 310	Petroleo	50	48	B2E	Omnibus	2	Personas	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	07:40	2	Arequipa	Caylloma	Chivay	Chivay	Colca	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal Del Capiro	2	Diario	Renault	ZAS-955	2015	Master	Petroleo	16	5	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros
29/01/2017	07:40	2	Arequipa	Caylloma	Chivay	Chivay	Colca	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Villa San Juan	3	Anual	Toyota	V1J-124	2011	Yaris	Gasolina	5	3	A	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular
29/01/2017	07:40	2	Cuzco	Espinar	Espinar	Cesar Vallejo	Arequipa	Arequipa	Cayma	Av. Casimiro	1	Diario	Hino	V8V-827	2013	800.00	Petroleo	2	1	C2E	Camión	2	Kiosko	Lleno	Kiosko	
29/01/2017	07:40	2	Puno	Julitaca	Julitaca	Centro Julitaca	Arequipa	Arequipa	Yura	Cemento Yura	2	Semanal	Volvo	Z35-727	1991	F12	Petroleo	2	2	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Cemento	
29/01/2017	07:42	2	Arequipa	Caylloma	Chivay	Chivay	Colca	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Ciudad municipal	1	Semanal	Toyota	F3Y-739	2012	Hilux	Petroleo	5	2	PICK UP	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular
29/01/2017	07:43	2	Arequipa	Chivay	Chivay	Tocrapampa	Arequipa	Arequipa	Yura	El Municipal	1	Diario	Foton	V5Y-785	2013	Aumarik	Petroleo	3	2	C2E	Camión	2	Descartables	Lleno	Envases de bebidas	
29/01/2017	07:50	1	Lima	Callao	Callao	Nestor Gambeta	Arequipa	Arequipa	Caraveli	Mina Oncopampa	2	Semanal	Volvo	D8R-938	2013	FH 6X4	Petroleo	2	1	353	Termo King	6	Contenedor 40p	Lleno	Cianuro de Sodio	
29/01/2017	07:50	1	Lima	Callao	Callao	Nestor Gambeta	Arequipa	Arequipa	Caraveli	Orcopampa	2	Semanal	Volvo	D7X-752	2013	FH-6X4T	Petroleo	2	1	353	Termo King	6	Contenedor 40p	Lleno	Cianuro de Sodio	
29/01/2017	07:50	2	Apurimac	Andahuaylas	Andahuaylas	Av. Confraternidad	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Grifo Gamarra	1	Semanal	Volvo	ACE-738	2014	FH 440	Petroleo	2	1	353	Planchón	6	Bolsas	Vacío	Cemento	
29/01/2017	07:53	1	Arequipa	Arequipa	Sachaca	Huanangullo	Cuzco	Cuzco	Wanchaq	Av. Expreso odra 13	2	Semanal	Volvo	COU-709	2001	VNL64T	Petroleo	2	1	353	Camión	6	Paquetes	Lleno	Productos varios	
29/01/2017	07:53	2	Puno	Yunguyo	Yunguyo	Yunguyo	Lima	Lima	Santa Anita	Mercado Mayorista	1	Semanal	Volvo		2015	FH12	Petroleo	3	1	373	Camión	6	Cajas	Semi Lleno	Alimento balanceado	
29/01/2017	08:00	2	Puno	San Roman	Julitaca	Julitaca	Arequipa	Arequipa	Miraflores	Miraflores	1	Semanal	Ford	V44-730	2012	Ranger	Petroleo	5	2	PICK UP	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	08:02	2	Puno	Puno	Puno	Puno	Arequipa	Arequipa	Bustamante	Grateras	3	Semanal	Renault	V15-952	2010	Master	Petroleo	16	4	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	08:03	2	Puno	Julitaca	Julitaca	La Universidad	Arequipa	Arequipa	Socabaya	Villa el golf	2	Semanal	Volvo	A4B-900	2010	FH 440	Petroleo	2	1	353	Baranda Metálica	6	Granel Liquido	Vacío	Ciuro	
29/01/2017	08:05	2	Arequipa	Caylloma	Chivay	Chivay	Colca	Arequipa	Arequipa	Hunter	Cercado	1	Diario	Renault	Z90-951	2012	Master	Petroleo	16	13	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros
29/01/2017	08:07	2	Puno	Melgar	Orugilla	Orugilla	Arequipa	Arequipa	Bustamante	Grateras	1	Semanal	Volvo	Z5W-916	2015	Crater	Petroleo	20	2	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	08:08	1	Arequipa	Arequipa	Rio Seco	Centro	Puno	San Roman	Julitaca	Julitaca	2	Semanal	Volvo	B95-933	2007	FH 6X4T	Petroleo	2	1	353	Baranda Metálica	6	Granel Solido	Lleno	Varillas de acero	
29/01/2017	08:10	1	Arequipa	Arequipa	Yura	Cementos Yura	Cuzco	Espinar	Espinar	Cercado	2	Semanal	International	V7V-800	2015	9200 1 SBA	Petroleo	2	1	353	Baranda metálica	6	Sacos	Lleno	Cemento	
29/01/2017	08:10	2	Apurimac	Abancay	Abancay	Centro Abancay	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Variante Uchumayo	3	Semanal	Freightliner	D8Z-855	2009	85.46	Petroleo	2	2	353	Furgón	6	Vacío	Vacío		
29/01/2017	08:10	2	Puno	San Roman	Julitaca	Julitaca	Arequipa	Islay	Mollendo	Playa	1	Eventual	Kia	Z3Q-595	2013	Picanto	Gasolina	5	4	A	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	08:15	2	Puno	Puno	Puno	Puno	Arequipa	Arequipa	Miraflores	Miraflores	1	Semanal	Renault	Z6K-894	2016	Orock	Gasolina	5	3	PICK UP	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	08:17	2	Cuzco	Espinar	Yauri	Mina Antapaccay	Arequipa	Arequipa	Cerro Colorado	Km 3.5 Evitamiento	2	Semanal	Volvo	V5M-915	2013	FH 440	Petroleo	2	1	353	Cisterna	6	Granel Liquido	Vacío	Petroleo	
29/01/2017	08:19	2	Puno	Ayaviri	Ayaviri	Ayaviri	Arequipa	Arequipa	Mariano Melgar	Lima	4	Anual	Ford	V4E-384	2010	Caliber	Gasolina	5	2	PICK UP	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	08:20	1	Arequipa	Arequipa	Paucarpata	Grifo 200 milas	Puno	San Roman	Julitaca	Lambayeque 1011	4	Semanal	Mitsubishi	V7J-755	2014	Canter 755	Petroleo	3	2	C2E	Furgón	2	Sacos	Lleno	Articulos de gfrteria	
29/01/2017	08:20	2	Cuzco	Chullivilcas	Constansa	Chullivilcas	Arequipa	Arequipa	Miraflores	Miraflores	2	Semanal	Toyota	V6Q-927	2013	Hilux	Petroleo	5	3	PICK UP	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Particular	
29/01/2017	08:25	2	Puno	San Roman	Julitaca	Julitaca	Arequipa	Arequipa	Bustamante	Grateras	3	Semanal	Benz	V0R-967	2015	Spintres	Petroleo	21	3	MB	Sedan	2	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	08:29	2	Madre de Dios	Tambopata	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Terminal	Terminal	3	Diario	Scania	B86-965	2011	K380	Petroleo	68	60	B4E	Omnibus	4	Pasajeros	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	08:29	2	Madre de Dios	Tambopata	Puerto Maldonado	Terminal	Arequipa	Arequipa	Hunter	Terminal	3	Semanal	Scania	B86-965	2011	K 380	Petroleo	68	60	B4E	Omnibus	4	Personas	Lleno	Pasajeros	
29/01/2017	08:30	1	Arequipa	Islay	Matarani	Puerto Matarani	Cuzco	Chumbivilcas	Livitaca	Mina Constancia	3	Semanal	Freightliner	AFP-824	2015	CL120	Petroleo	2	1	353	Tolva	6	Granel Solido	Vacío	Concentrado de mineral	

ANEXO F – ALGUNOS RESULTADOS

MEDICION DE VELOCIDAD

Tramo de la carretera:	Ruta PE-34A, Tramo Yura - Patahuasi
Ubicación:	Progresivas Km. 60+500 Km. 71+000
Fecha de toma de datos:	20 de Enero del 2017

N°	Tipo de vehículo	Placas	Sentido	Tiempo Inicio			Tiempo Final			Tiempo de recorrido (en Seg.)	Velocidad Promedia (Km/Hora)
				Hora	Minuto	Segundo	Hora	Minuto	Segundo		
1	AUTO	V7G121	E	08	00	27	08	15	38	911.0	41.49
2	AUTO	ZM2435	E	08	06	31	08	22	47	976.0	38.73
3	AUTO	A1Y597	E	08	27	21	08	40	01	760.0	49.74
4	AUTO	V8C555	E	08	28	08	08	42	53	885.0	42.71
5	AUTO	V6N007	E	08	28	31	08	43	54	923.0	40.95
6	AUTO	V6H431	E	08	29	24	08	42	26	782.0	48.34
7	AUTO	V6V373	E	08	44	29	08	59	50	921.0	41.04
8	AUTO	ACC556	E	09	00	22	09	12	51	749.0	50.47
9	AUTO	C2V386	E	09	06	56	09	21	00	844.0	44.79
10	AUTO	AFJ150	E	09	43	07	09	55	34	747.0	50.60
11	AUTO	V2X814	E	10	00	51	10	18	50	1079.0	35.03
12	AUTO	V4C295	E	10	01	12	10	14	55	823.0	45.93
13	AUTO	A5D225	E	10	01	58	10	17	25	927.0	40.78
14	AUTO	V7D171	E	10	35	50	10	51	38	948.0	39.87
15	AUTO	Z4T317	E	10	43	01	10	56	24	803.0	47.07
16	AUTO	F1R004	E	10	44	03	10	55	30	687.0	55.02
17	AUTO	C1A555	E	11	02	18	11	18	39	981.0	38.53
18	AUTO	V2I529	E	11	15	15	11	25	58	643.0	58.79
19	AUTO	Z4P302	E	11	29	23	11	38	42	559.0	67.62
20	AUTO	BK4605	E	11	36	48	11	46	05	557.0	67.86
21	AUTO	V3T557	S	08	50	58	08	59	39	521.0	72.55
22	AUTO	V6I135	S	08	52	05	08	59	55	470.0	80.43
23	AUTO	X2V593	S	09	02	48	09	12	48	600.0	63.00

TRAMO : YURA - PATAHUASI



ANEXO
TABLAS DE INFORMACIÓN- ALGUNOS RESULTADOS
FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA (FEC).

Factor de Carga x Presión de llantas
 Bus 2E

N°	T	Pesos por eje			Presión de llantas		P. Llantas x 0.9		Factor de Presión		Factor de carga		Factor resultante		Factor																													
		Eje 1	Eje 2	Total	E1	E2	E1	E2	E1	E2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Total																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">simple</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">simple doble</td> </tr> <tr> <td colspan="15" style="text-align: center;">PAVIMENTO FLEXIBLE</td> </tr> </table>															simple										simple doble					PAVIMENTO FLEXIBLE														
simple										simple doble																																		
PAVIMENTO FLEXIBLE																																												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">simple</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">simple doble</td> </tr> <tr> <td colspan="15" style="text-align: center;">PAVIMENTO RIGIDA</td> </tr> </table>															simple										simple doble					PAVIMENTO RIGIDA														
simple										simple doble																																		
PAVIMENTO RIGIDA																																												
1		4.80	6.50	11.30	110	110	99	90	1.75	1.46	0.280	0.395	0.490	0.576	1.067	0.271	0.386	0.475	0.563	1.038																								
2		4.28	6.23	10.51	110	120	99	90	1.75	1.46	0.177	0.333	0.310	0.486	0.796	0.169	0.324	0.297	0.473	0.770																								
3		4.68	6.45	11.13	110	110	99	90	1.75	1.46	0.253	0.383	0.443	0.559	1.002	0.244	0.374	0.428	0.546	0.974																								
4		5.83	6.26	12.09	90	110	81	91	1.20	1.49	0.609	0.340	0.733	0.505	1.238	0.601	0.331	0.724	0.492	1.216																								
5		4.77	6.94	11.71	120	120	108	92	2.04	1.52	0.273	0.513	0.557	0.778	1.334	0.264	0.505	0.539	0.765	1.304																								
6		5.59	8.18	13.77	120	120	108	93	2.04	1.54	0.515	0.990	1.050	1.529	2.579	0.506	0.990	1.032	1.529	2.561																								
7		5.95	6.94	12.89	110	110	99	94	1.75	1.57	0.661	0.513	1.157	0.807	1.964	0.654	0.505	1.145	0.793	1.939																								
8		5.78	7.64	13.42	90	90	81	96	1.20	1.64	0.588	0.754	0.708	1.234	1.943	0.580	0.748	0.699	1.226	1.925																								
9		3.28	7.36	10.64	110	110	99	97	1.75	1.68	0.061	0.649	0.107	1.088	1.195	0.057	0.642	0.100	1.076	1.176																								
10		6.50	10.10	16.60	110	115	99	98	1.75	1.71	0.941	2.302	1.648	3.945	5.593	0.939	2.350	1.646	4.028	5.674																								
11		4.32	6.85	11.17	110	110	99	99	1.75	1.75	0.184	0.487	0.322	0.853	1.175	0.176	0.478	0.308	0.838	1.146																								
12		4.31	6.09	10.40	100	100	90	100	1.46	1.79	0.182	0.304	0.266	0.545	0.810	0.174	0.295	0.254	0.529	0.783																								
13		4.80	6.50	11.30	120	120	108	101	2.04	1.82	0.280	0.395	0.571	0.719	1.290	0.271	0.386	0.553	0.703	1.256																								
14		5.60	10.80	16.40	110	110	99	102	1.75	1.85	0.518	3.009	0.908	5.579	6.487	0.510	3.093	0.893	5.735	6.628																								
15		6.48	8.74	15.22	110	110	99	103	1.75	1.89	0.929	1.291	1.628	2.434	4.062	0.928	1.299	1.625	2.450	4.075																								
16		5.66	8.44	14.10	100	100	90	104	1.46	1.92	0.541	1.122	0.790	2.153	2.942	0.533	1.126	0.778	2.159	2.936																								
17		4.80	6.50	11.30	110	110	99	105	1.75	1.95	0.280	0.395	0.490	0.770	1.260	0.271	0.386	0.475	0.752	1.227																								
18		5.30	8.40	13.70	110	110	99	106	1.75	1.98	0.416	1.101	0.729	2.180	2.909	0.407	1.104	0.713	2.186	2.898																								
19		4.80	6.50	11.30	100	110	90	108	1.46	2.04	0.280	0.395	0.408	0.805	1.214	0.271	0.386	0.396	0.787	1.183																								
20		4.80	6.50	11.30	110	110	99	109	1.75	2.07	0.280	0.395	0.490	0.817	1.307	0.271	0.386	0.475	0.799	1.273																								
												0.690	1.418	2.108						0.678	1.421	2.099																						