

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INCIDENCIA EN LA GESTIÓN VIAL DE UNA POBLACIÓN CON  
TASA DE CRECIMIENTO NEGATIVA**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. AVILA MELÉNDEZ VERENIS SHANTALY**

**Bach. HUABLOCHO CALLO DANIEL ENRIQUE**

**ASESOR: Mag. Ing. VICTOR ELEUTERIO ARÉVALO LAY**

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme gozar de buena salud. A mis padres Judith y Cesar, por siempre estar presentes en las etapas más importantes de mi vida dándome las fuerzas necesarias para poder seguir. A mi hermano Cesar y a mi tía Amy por sus consejos y apoyo perenne. Esto es por y para ustedes.

Shantaly Avila Meléndez

A Dios por permitirme estar presente y que me acompañó en este camino de mi carrera, a mis padres Teófilo Huablocho y Carmen Callo, que sin ellos no hubiese logrado una meta más en mi vida y me enseñaron que los sueños son posibles de alcanzar con perseverancia y esfuerzo, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Daniel Huablocho Callo

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra Alma Mater: nuestra querida Universidad Ricardo Palma. Por habernos permitido formarnos, y con ella, a todos nuestros profesores que hicieron que esto fuese posible.

A nuestro Asesor de Tesis, Mg. Ing. Víctor Arévalo Lay. Por el apoyo en este proceso. Gracias a su experiencia y conocimientos, por lo que pudimos desarrollar y concluir la tesis.

Finalmente, pero no menos importante, a nuestras familias Avila, Meléndez, Huablocho, Callo. A nuestros compañeros de nuestra casa de estudios y fuera de ella, que aportaron con su granito de arena para que todo esto suceda.

Shantaly Avila y Daniel Huablocho

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos.....	1
1.1.1 Problema General.....	4
1.1.2 Problemas Específicos .....	4
1.2 Objetivo general y específico .....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos .....	4
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática .....	5
1.3.1 Delimitación temporal .....	5
1.3.2 Delimitación espacial.....	5
1.3.3 Delimitación temática .....	5
1.4 Justificación e importancia.....	5
1.4.1 Importancia .....	5
1.4.2 Justificación del estudio.....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Investigaciones relacionadas con el tema .....	7
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	7
2.1.2. Investigaciones Nacionales .....	10
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	12
2.2.1 Clasificación de las Carreteras .....	12
2.2.2 Tránsito.....	17
2.2.3 Modelos de cálculo de tasa de crecimiento.....	53
2.2.4 Tasa sin crecimiento.....	58
2.2.5 Gestión vial.....	59
2.3 Definición de términos básicos.....	67
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>69</b>
3.1 Hipótesis .....	69
3.1.1 General .....	69
3.1.2 Específicas.....	69
3.2 Relación entre variables.....	69

3.2.1	Diseño de la investigación.....	69
3.2.2	Operacionalización de las variables .....	70
	<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>71</b>
4.1	Tipo y nivel.....	71
4.2	Diseño de investigación .....	72
4.3	Población y muestra.....	72
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	72
4.4.1	Procedimientos para la recolección de datos.....	72
4.5	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	73
	<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA</b>	
	<b>    INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>74</b>
5.1	Diagnóstico y situación actual: .....	74
5.2	Estudios de tránsito:.....	74
5.2.1	Diseño Geométrico y de Pavimentos según los Manuales y/o libros de AASHTO y el MTC. ....	75
5.2.2	IMD y Tasas de Crecimiento Poblacional y PBI: .....	77
5.2.3.	Análisis de IMD para cada tramo con Tasas Poblacionales Departamentales, Provinciales y Tasas de PBI según el INEI. ....	83
5.3.	Presentación de Resultados.....	84
5.4	Análisis de Resultados .....	86
5.4.1.	Modelos de Proyección de Tránsito .....	86
5.4.2.	Clasificación por Demanda según las Normas para Caminos de bajo Volumen .....	89
5.4.3.	Clasificación por EAL, según las Normas para Caminos de bajo Volumen. .....	99
5.5	Contrastación de Hipótesis: .....	106
5.5.1	Hipótesis específica 1 .....	106
5.5.2	Hipótesis específica 2.....	107
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>110</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>114</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Población total y tasa de crecimiento promedio anual en el Perú, 1940-2017 .....	1
Tabla N°2: Población censada urbana y rural y tasa de crecimiento promedio anual, 2007 y 2017 .....	2
Tabla N°3: Tasa de crecimiento promedio anual de la población censada, según departamento, 1940 – 2017 .....	3
Tabla N°4: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito .....	9
Tabla N°5: Clasificación según Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen (TMD < 400) Libro Verde AASHTO 2001.....	13
Tabla N°6: Clasificación Funcional según Libro Verde AASHTO 2011 .....	13
Tabla N°7: Clasificación según Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978 .....	14
Tabla N°8: Clasificación según el Manual de Carreteras DG – 2001 .....	15
Tabla N°9: Clasificación según el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen – 2008 .....	16
Tabla N°10: Clasificación según el Manual de Carreteras DG – 2014 .....	16
Tabla N°11: Conteo manuales de tránsito.....	32
Tabla N°12: Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño .....	35
Tabla N°13: Factores equivalencias para ejemplos de dos métodos.....	38
Tabla N°14: Pesos y medidas máximas permitidas .....	41
Tabla N°15: Pesos y medidas máximas permitidas .....	42
Tabla N°16: Pesos y medidas máximas permitidas .....	43
Tabla N°18: Pesos y medidas máximas permitidas .....	45
Tabla N°19: Pesos y medidas máximas permitidas .....	46
Tabla N°20: Pesos y medidas máximas permitidas .....	47
Tabla N°21: Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de número de repeticiones de EE .....	58
Tabla N°22: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras. Según Reglamento Nacional de vehículos .....	64
Tabla N°23: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas, en el Carril de Diseño .....	67

Tabla N°24: Operacionalización de las variables .....	70
Tabla N°25: Geometría de una vía según los distintos Manuales y libros de AASHTO y el MTC.....	75
Tabla N°26: Diseño de Pavimentos según AASHTO 1993 y Manual de Pavimentos y Suelos .....	76
Tabla N°27: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°1.....	77
Tabla N°28: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°2.....	78
Tabla N°29: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°3.....	79
Tabla N°30: IMD, EE según el Exp. N°4.....	79
Tabla N°31: IMD, Tasa Poblacional, Tasa de PBI y Vehículos Ligeros, Pesados en % según el Exp. N°5 .....	80
Tabla N°32: IMD, Tasas Vehiculares y Tasa de PBI según el Exp. N°6.....	81
Tabla N°33: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°7.....	81
Tabla N°34: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°8.....	82
Tabla N°35: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°9.....	82
Tabla N°36: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°10.....	83
Tabla N°37: Tasas poblacionales Departamentales Provinciales, según el INEI y el PBI .....	84
Tabla N°38: Resultados con IMD futuro, para provincia y/o Departamentos, ESAL futuros y confiabilidad de métodos de proyección de Tránsito.....	85
Tabla N°39: Confiabilidad de Modelos de Proyección de Tránsito .....	87
Tabla N°40: Clasificación por IMD según la Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978 .....	90
Tabla N°41: Clasificación por IMD según el Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen AASHTO .....	92
Tabla N°42: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras DG 2001 .....	94
Tabla N°43: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito 2008.....	96
Tabla N°44: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras DG 2014 .....	98
Tabla N°45: Clasificación por EAL según el Manual de AASHTO 1993(Superficie Agregada) .....	100
Tabla N°46: Clasificación por EAL según el Manual de AASHTO 1993 (Pavimento Flexible).....	102

Tabla N°47: Clasificación por EAL según el Manual de Pavimentos y Suelos (Pavimento Flexible) .....	104
Tabla N°48: Cuadro resumen según departamento y provincia.....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Variación mensual de la intensidad media.....	19
Figura N°2: Variación semanal de la intensidad media .....	20
Figura N°3: Variables características del tráfico por carretera .....	22
Figura N°4: Ejemplos de distribución de la velocidad de circulación en carreteras de dos carriles .....	25
Figura N°5: Relación velocidad- densidad .....	28
Figura N°6: Relación intensidad-densidad.....	30
Figura N°7: Relación velocidad e intensidad.....	31
Figura N°8: Factores de equivalencia de carga para pavimentos flexibles.....	33
Figura N°9: Confiabilidad de Modelos estudiados .....	88

## **RESUMEN**

La incidencia en la gestión vial de una población con tasa de crecimiento negativa es una investigación del tipo descriptivo y correlacional que tuvo como objetivo principal lograr establecer el impacto de la tasa de crecimiento negativa en la gestión vial en los caminos de bajo volumen a fin de saber de qué manera incurre, tanto en su clasificación por geometría como en pavimentos, para así poder tener una proyección más precisa en los estudios de caminos de bajo volumen en el Perú.

Para el análisis de la investigación se hizo un estudio de la normativa nacional vigente y antigua, revisando también conceptos de distintos libros, artículos, tesis internacionales, tesis nacionales, todos estos como nuestra fuente teórica y también un análisis de los expedientes técnicos como nuestra realidad a comparar.

La investigación nos dio como resultado rangos de tránsito en base a los IMD y EAL de los expedientes técnicos y también los recalculados, teniendo una pequeña variación entre estos, pero aun así no hubo variación en nuestros rangos de clasificación.

**Palabras claves:** gestión vial, tasa de crecimiento negativa, Índice medio diario, ejes equivalentes.

## **ABSTRACT**

The impact on road management of a population with a negative growth rate is a descriptive and correlational research whose main objective was to establish the impact of the negative growth rate on road management on low-volume roads in order to know how it incurs, both in its classification by geometry and in pavements, in order to have a more precise projection in the studies of low-volume roads in Peru.

For the analysis of the research, a study was made of the current and old national regulations, also reviewing concepts from different books, articles, international theses, national theses, all of these as our theoretical source and also an analysis of the technical files as our reality to compare.

The investigation gave us traffic ranges based on the IMD and EAL of the technical files and also the recalculated ones, having a small variation between these, but even so there was no variation in our classification ranges.

**Keywords:** road management, negative growth rate, daily average index, equivalent axes

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene el propósito de determinar la incidencia en la gestión vial tanto en el diseño geométrico, como en el diseño de pavimentos y evaluación económica, teniendo una tasa de crecimiento negativa en los caminos de bajo volumen, teniendo en cuenta los Manuales Nacionales, Internacionales y Expedientes Técnicos del MTC, a partir de su IMD y EAL.

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento de problema, formado por su descripción y formulación, indicando datos para el sustento de este. También desarrollamos el problema general y los específicos, desarrollamos la justificación del proyecto y sus distintas delimitaciones, indicando datos para el sustento de este.

En el Capítulo II, desarrollamos el Marco Teórico incluyendo en él los Antecedentes históricos, investigaciones Nacionales e Internacionales. Seguido de conceptos y definiciones, cuadros de un Marco Normativo de Manuales y distintos libros.

En el Capítulo III se encuentran nuestras hipótesis, generales y específicas. También nuestras variables.

En el Capítulo IV desarrollamos la Metodología de la Investigación, compuesto por el método, orientación, enfoque, tipo de investigación, nuestra población y muestra y recolección de datos.

En el Capítulo V damos paso a la situación actual, presentación de datos de nuestros expedientes, estudios de tránsito, análisis correspondientes, y resultados de nuestra investigación. Finalmente exponemos nuestras conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

En la actualidad, las redes viales son muy importantes ya que logran los cimientos para el transporte y comunicación entre muchos lugares del mundo. Con esto, su gestión vial debe ser la adecuada para su correcta funcionalidad. Esta tiene como uno de sus principales factores al estudio de Tráfico. Para una correcta planificación vial, este factor es muy importante.

Para proyecciones de tráfico usualmente se tiende a que la población en una zona de estudio crezca, teniendo a futuro un mayor flujo de vehículos en las redes viales y así un diseño para una población en aumento. En el caso de Perú, en los caminos de bajo volumen, el 70% del IMD se encuentra en un rango menor a 100 veh / día por lo que resulta necesario estudiar cuál es la incidencia de la tasa de crecimiento positiva o negativa en el IMD proyectado.

Según el INEI, en el periodo 2007 - 2017, a nivel nacional la tasa de crecimiento promedio anual fue de 1%, manteniendo una tendencia decreciente desde los censos de 1961 y 1972 (2.8%).

Tabla N°1: Población total y tasa de crecimiento promedio anual en el Perú, 1940-2017

Año	Total	Variación Intercensal	Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual (%)
1940	7 023 111	3 397 246	161 774	1,9
1961	10 420 357	3 701 207	336 473	2,8
1972	14 121 564	3 640 667	404 519	2,6
1981	17 762 231	4 877 212	406 434	2,0
1993	22 639 443	5 581 321	398 666	1,6
2007	28 220 764	3 016 621	301 662	1,0
2017	31 237 385			

Fuente: (Tomo I Resultados Definitivos, INEI, 2017, pg. 30).

En este mismo periodo, según la población censada urbana y rural la tasa de crecimiento promedio anual en los centros poblados urbanos es de 1.6%, mientras que la tasa de crecimiento promedio anual en los centros poblados rurales es de -2.1%.

Tabla N°2: Población censada urbana y rural y tasa de crecimiento promedio anual, 2007 y 2017

Año	Total	Población		Variación Intercensal 2007 - 2017		Tasa de crecimiento promedio anual (%)	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
2007	27 412 157	19 877 353	7 534 804				
2017	29 381 884	23 311 893	6 069 991	3 434 540	-1 464 813	1,6	-2,1

Fuente: Tomo I Resultados Definitivos (INEI, 2017, pg. 31)

La población censada según departamento en este periodo, en Cajamarca, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Pasco y Puno cuentan con una tasa de crecimiento promedio anual negativa desde un -0.3% hasta un -2.7%.

Tabla N°3: Tasa de crecimiento promedio anual de la población censada, según departamento, 1940 – 2017

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
<b>Total</b>	<b>2,2</b>	<b>2,9</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0,7</b>
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	0,1
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	0,2
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	0,0
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	1,8
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	0,1
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	-0,3
Prov. Const. del Callao	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	1,2
Cusco	1,1	1,4	1,7	1,8	0,9	0,3
Huancavelica	1,0	0,8	0,5	0,9	1,2	-2,7
Huánuco	1,6	2,1	1,6	2,7	1,1	-0,6
Ica	2,9	3,1	2,2	2,2	1,6	1,8
Junín	2,1	2,7	2,2	1,6	1,2	0,2
La Libertad	2,0	2,8	2,5	2,2	1,7	1,0
Lambayeque	2,8	3,8	3,0	2,6	1,3	0,7
Lima	4,4	5,0	3,5	2,5	2,0	1,2
Loreto	2,8	2,9	2,8	3,0	1,8	-0,1
Madre de Dios	5,4	3,3	4,9	6,1	3,5	2,6
Moquegua	2,0	3,4	3,5	2,0	1,6	0,8
Pasco	2,0	2,3	2,0	0,5	1,5	-1,0
Piura	2,4	2,3	3,1	1,8	1,3	1,0
Puno	1,1	1,1	1,5	1,6	1,1	-0,8
San Martín	2,6	3,0	4,0	4,7	2,0	1,1
Tacna	2,9	3,4	4,5	3,6	2,0	1,3
Tumbes	3,7	2,9	3,4	3,4	1,8	1,2
Ucayali	6,8	5,9	3,4	5,6	2,2	1,4
Provincia de Lima <sup>1/</sup>	5,2	5,7	3,7	2,7	2,0	1,2
Región Lima <sup>2/</sup>	2,0	1,9	1,9	1,3	1,5	0,8

Fuente: Tomo I Resultados Definitivos (INEI, 2017, pg. 33)

La tasa de crecimiento poblacional según departamento y según provincias son diferentes entre sí. Por ejemplo, el Departamento de Ayacucho cuenta con una tasa de crecimiento poblacional de 0.1%, a diferencia de su provincia Huanta que tiene un -0.4%. Teniendo una tasa de crecimiento negativa, por lo que los modelos proyectados ya no se ajustarán a lo real y no habría manera de proyectar una carretera. Por este motivo, los proyectistas en el Perú a fin de salvar este impase recurren a la tasa departamental, lo cual distorsiona los resultados del diseño geométrico, diseño de pavimentos y evaluación económica.

El presente estudio desea relacionar la tasa de crecimiento con la gestión vial para determinar cómo incide en la geometría, pavimentos, mantenimiento y mejoramiento de la red vial de bajo volumen.

### 1.1.1 Problema General

¿En qué medida la tasa de crecimiento negativa incide en la gestión vial provincial?

### 1.1.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son los modelos de proyección de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?
- b. ¿Cuáles son los rangos de tránsito para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?
- c. ¿Qué modelo se debe aplicar en los casos de tasa de crecimiento negativo para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?

## 1.2 Objetivo general y específico

### 1.2.1 General

Establecer la incidencia de la tasa de crecimiento negativa para la gestión vial en los caminos de bajo volumen.

### 1.2.2 Específicos

- a) Estudiar los modelos de proyección de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.
- b) Analizar los rangos de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.
- c) Determinar los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo para establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.



### 1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

#### 1.3.1 Delimitación temporal

Nuestra investigación fue desarrollada gracias a la información recolectada de tesis, artículos, expedientes técnicos y normas publicadas desde el año 1978 hasta la actualidad.

#### 1.3.2 Delimitación espacial

La investigación se ejecutó mediante la información de expedientes técnicos, obtenidos en los Departamentos del Perú.

#### 1.3.3 Delimitación temática

El presente trabajo desea saber qué hacer con las provincias que cuentan con una tasa de crecimiento negativa y su incidencia en la gestión vial para los caminos de bajo volumen.

### 1.4 Importancia y justificación

#### 1.4.1 Importancia

La realización de este estudio es de vital importancia debido a que se determinó una correcta proyección en la gestión vial implementando los más adecuados modelos de estudio de tráfico, que nos ayudaron a determinar cómo inciden la geometría, pavimentos, mantenimiento y mejoramiento de la red vial en nuestra área de estudio.

#### 1.4.2 Justificación del estudio

La justificación de este trabajo de investigación consiste en los siguientes aspectos:

Justificación teórica: esta investigación busca por medio de conceptos básicos como la gestión vial, estudio de tráfico, datos poblacionales y modelos de proyección de tráfico, conocer más de estos aspectos para la proyección de una gestión vial con una tasa poblacional negativa.

Justificación metodológica: la investigación es de valor en la medida que los métodos, procedimientos y técnicas e instrumentos que se emplearán tales como tesis pasadas, expedientes técnicos, información de entidades del

gobierno, entre otros, permitan identificar la incidencia que causa una tasa de crecimiento negativa en la gestión vial.

Justificación práctica: se considera oportuna la recaudación de datos para un correcto análisis y así obtener resultados de la investigación que aportarán elementos objetivos y prácticos para la optimización de gestiones viales a futuro.

Justificación social: la investigación tiene como justificación en este aspecto a la optimización de una gestión vial ayudando así a una población con una correcta proyección en el diseño geométrico, de pavimentos del proyecto vial en estudio.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### 2.1 Investigaciones relacionadas con el tema

#### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Según la tesis para el título de Ingeniera en Sistemas Computacionales, titulada “Plataforma tecnológica para contribuir a la planeación urbana en la ciudad de Guayaquil dirigido a la transportación, aplicando modelos para proyectar el comportamiento del tráfico vehicular basado en datos históricos” en el país de Ecuador realizado en la Universidad de Guayaquil hizo investigaciones del comportamiento vehicular a través de diferentes modelos para poder estudiar la cantidad de vehículos que pasan por la vía estudiada y el motivo por el cual hicieron esta investigación es porque en las calles o avenidas de la ciudad de Guayaquil existen un gran congestionamiento concluyendo que nunca hicieron un buen estudio o que gracias a estos modelos que nos presenta el autor existen varias informaciones no tomadas por otro modelo de estudio de tráfico, así podrían tener mejores resultados en el análisis (Avelino & Farinango,2018).

Según la tesis para el título de la maestría en Ingeniería Civil, titulada “Lineamientos para la elaboración de estudios de tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia” tiene por finalidad crecer en la infraestructura de carretera de su territorio pero tienen el problema que en la cual los recursos que tienen son limitados, es por eso que algunos proyectos que son elegidos deberían de ser de gran ayuda en el tema de transporte para una buena cantidad de habitantes de la zona y así podrá ser soportado por estudios confiables y de alta calidad. En Colombia existe mucha información en expedientes, documentos e investigaciones para la elaboración del estudio de tránsito ya que es de gran ayuda para poder hacer una carretera en la cual se dejará al criterio del ingeniero profesional que lo realizará (Gonzales Sarmiento,2018).

Según su tesis “Diseño geométrico preliminar de la avenida Ferroviaria hasta el terminal terrestre de la ciudad de Machala año 2017” realizada en la universidad técnica de Machala afirmó lo siguiente:

Consiste en realizar un mejoramiento o diseño preliminar de la vía que incluye el estudio del tráfico y un rediseño geométrico para una población futura en veinte años en la distribución vehicular de la avenida Ferroviaria de la parroquia El Cambio, hasta el ingreso al terminal terrestre (Llumiluusa Carlos, 2018).

Según el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), a través de La Dirección General de Caminos, en el año 1970 se tenía un manual de Diseño Geométrico, el que fue actualizado en el año 2001 con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) cuya finalidad fue brindar a la comunidad técnica nacional, un documento actualizado para uso en el campo del Diseño de Carreteras, conformando un elemento que organiza y recopila las Técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción y desarrollo en función de determinados parámetros, considerando los aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial, de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras, y de las Normas Oficiales.

La operatividad fue determinada por el tipo de vía que iba a ser proyectada y sus características, así como las propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una apta velocidad de operación del conjunto de la circulación.

El Manual de Carreteras nos informa que una carretera de tercera clase es la que tiene una calzada que puede soportar menos de 400 veh/día en la cual existe también un diseño de caminos vecinales donde tiene una circulación menor a 200 veh/día donde se rigen por las normas de este manual.

Existe también la trocha carrozable en el Manual DG-2001, la cual es la categoría más baja de camino donde circulan solamente vehículos automotores que tiene una calzada mínima para el pase de un solo vehículo.

Existe un capítulo de crecimiento en el antiguo manual de tránsito, el cual se debe de conocer el volumen de tránsito presente en el año en el cual se comenzaría a trabajar en un futuro para un diseño conveniente.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, desde el año 2005 trabajaban con una versión no oficial de diseño para Caminos rurales o de

bajo volumen, que fue actualizado en el año 2008, con la primera versión del “Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”. Este se define porque tiene una superficie de rodadura hecha de material granular y fue realizado para vías donde transitan habitualmente menos de 50 vehículos por día y un máximo de 200 vehículos por día.

Según el siguiente cuadro, existen 5 tipos de carreteras de bajo volumen de tránsito sabiendo su estructura y su superficie de rodadura para cada tipo de carretera y el ancho de su calzada está supeditado a vehículos que pasen por día, es decir, el IMD proyectado para la carretera, según esto, tendremos sus características principales, tal cual se muestran en el cuadro.

Tabla N°4: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito

CARRETERA DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO DE CALZADA (M)	ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (2008)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos brinda el Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, que es el órgano de ámbito nacional donde existen normas sobre la gestión de infraestructura de caminos.

Donde obtuvimos información del tráfico donde se define desde dos puntos de vista:

- El diseño de nuestra estructura de pavimento
- Los volúmenes de tráfico en la cual puede estimarse en una sección donde afectará a la estructura del camino durante el periodo de diseño, se deberá proporcionar información del índice medio diario anual (IMDA) para cada sección.

Se tendría que poseer información del índice medio diario anual (IMDA) para cada sección, en la cual necesitaremos índices de variación mensual que se obtendrá con ayuda del MTC por los peajes y pesajes de los contratos que se obtengan.

#### 2.1.2. Investigaciones Nacionales

En la tesis para el título de Ingeniería Civil, titulada “Estructuración del método del cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro”, para determinar el inicio de cualquier análisis de algún proyecto de carretera es conseguir el IMDA, diseño de paquete estructural, diseño por capacidad de una vía o intersección y diseño operacional de una intersección controlada para así poder tener el procedimiento detallado para los cálculos y proyecciones futuras. En las proyecciones se usan las tasas de crecimiento poblacional y anual de PBI para el cálculo de proyecciones futuras de tránsito y eso ayudará a saber bien los volúmenes futuros de tráfico de la población de la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman. (Fustamante, F. ,2019)

En la tesis para bachiller titulada “Estudio de Tráfico de la Avenida Sánchez Carrión cuadra 13, distrito El Porvenir - 2019” tiene como problema la carencia de información como la de un estudio de tráfico con la finalidad de proyectarse en el mejoramiento y mantenimiento de la avenida Sánchez Carrión, una de las avenidas principales del Distrito El Porvenir. Por el cual se tiene como objetivo el estudio del tráfico actual y proyección a 20 años para su mejoramiento, las cuales tenemos en este estudio el objetivo de tener un conteo de vehículos pasando por este lugar, analizaremos los resultados

y evaluaremos los resultados para proyecciones a 20 años del tráfico para así poder tener los resultados del estudio de tráfico de la avenida Sánchez Carrión y así llegando a la conclusión de que este tramo es considerado como colector de los sectores en desarrollo del distrito El Porvenir hacia diferentes puntos del centro como El Mercado La Hermelinda, Mercado Mayorista, Av. América, diferentes centros comerciales y centros de Estudios de la Provincia de Trujillo, entre otros; al darnos cuenta que los vehículos que pasan por este tramo es principalmente por vehículos ligeros y camiones pequeños. (Pacuri E.& Llanos S. 2019)

En la tesis para el título de Ingeniería Civil, titulada “Análisis del estudio de tráfico del tramo 0+000 Km (San Juan Pampa – Yanacancha) a 24+000 Km (Salcachupan - Pallanchacra) según la norma MTC, Provincia y Región de Pasco - 2019” afirmó que en las carreteras departamentales, caminos rurales y vecinales se lleva un sistema de contratación que no es el más idóneo ya que construyen o rehabilitan sin tener ningún mantenimiento vial idóneo y solo dejan en abandono la vía la cual hace que se tenga que asumir otro gasto más para un mantenimiento periódico. Por el cual se tiene como objetivo de cuantificar, estimar la demanda de los vehículos que se desplazan por el tramo 0+000 Km (San Juan Pampa -Yanacancha) a 24+000 Km (Salcachupan) según la calificación de condición del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. El volumen de tráfico y la composición vehicular a lo largo del tramo 0+000 Km (San Juan Pampa - Yanacancha) a 24+000 Km (Salcachupan), es básicamente por vehículos ligeros en 81.5% y camiones pequeños que hacen viajes entre los poblados adyacentes a la ruta, así como para el acopio y transporte de Productos, como Papas, Choclos y Verduras, Leñas que se produce en la zona.

El presente estudio de tráfico pertenece a la Ingeniería definitiva para tramo 0+000 Km (San Juan Pampa - Yanacancha) a 24+000 Km (Salcachupan) – Empalme Ruta 3N ubicado en el departamento de Cerro de Pasco; y con él se pretende establecer los parámetros de tránsito requeridos para la ejecución del análisis económico y diseño geométrico de la carretera.

En el estudio se estima la demanda vehicular esperada para la vía teniendo en cuenta las características actuales de ella y aquellas que se tendrán una

vez concluida la obra, además, se describen los aspectos metodológicos, modelos de estimación, las proyecciones de tránsito y las conclusiones. (Fuster J., 2019).

## 2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

Los criterios y controles básicos para el diseño geométrico establecen el estándar de diseño de una carretera siendo la sección transversal una variable dependiente de la categoría de la vía, velocidad de diseño y la sección transversal tipo cuyo ancho responde a una categoría en función al tránsito o IMD, así como el vehículo de diseño.

Según AASHTO – 93, el estudio de tráfico y sus tasas de crecimiento son asuntos muy importantes ya que se pueden aplicar tasas de crecimiento exponenciales (como el interés compuesto como las arterias principales o interestatales). En otros casos, tasas de crecimiento lineal para las vías arteriales menores o colectoras y en otros, no tienen crecimiento como las calles residenciales o caminos de acceso.

Se clasifican las carreteras según la jurisdicción como Sistema Nacional que son todas las carreteras de interés Nacional que une puntos principales en el país. El Sistema Departamental que son las carreteras por Departamento uniendo capitales de provincias de menor importancia y Sistema Vecinal que es el tipo de carreteras que se va a estudiar, ya que son de carácter local que unen poblaciones pequeñas entre sí.

### 2.2.1 Clasificación de las Carreteras

Existen distintas clasificaciones de las Carreteras a lo largo del tiempo. Según libros de Diseño Geométrico de Vías, o Manuales, ya sean Internacionales o Nacionales.

A continuación, clasificamos las carreteras principalmente según su demanda, geometría con su tipo de superficie de rodadura:



Tabla N°5: Clasificación según Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen (TMD < 400) Libro Verde AASHTO 2001

AASHTO 2001	
<b>Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen (TMD &lt; 400)</b>	Los volúmenes de tránsito en caminos de muy bajo volumen se estratifican en 3 niveles para los propósitos de las guías de diseño, con los rangos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>*100 vehículos diarios o menos</li> <li>*100 a 250 vehículos diarios</li> <li>*250 a 400 vehículos diarios</li> </ul>
	<b>1.1 Caminos Locales de Muy Bajo Volumen en Zonas Rurales</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• accesos principales</li> <li>• accesos agrícolas</li> <li>• recuperación de recursos</li> <li>• accesos secundarios</li> <li>• recreacionales y escénicos</li> </ul>
	<b>1.2 Caminos Locales de Muy Bajo Volumen en Zonas Urbanas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• calles de acceso principales</li> <li>• calles de acceso industrial/comercial</li> <li>• calles residenciales</li> </ul>
	<b>1.3 Guía de Diseño</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesos Rurales Principales, Accesos Secundarios, y Caminos Recreacionales y Escénicos (250 Vehículos Diarios o Menos)</li> <li>• Accesos Rurales Principales, Accesos Secundarios, y Caminos Recreacionales y Escénicos (250 a 400 Vehículos Diarios)</li> <li>• Calles Urbanas de Acceso Principales (250 Vehículos Diarios o Menos) y Calles Urbanas Residenciales</li> <li>• Calles Urbanas de Acceso Principales (250 a 400 Vehículos Diarios)</li> <li>• Calles Urbanas de Acceso Industrial / Comercial</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°6: Clasificación Funcional según Libro Verde AASHTO 2011

LIBRO VERDE AASHTO 2011	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	
AUTOPISTA	Arteria principal
	Vías arteriales con control total de acceso
	Alto nivel de seguridad y eficiencia en el movimiento de altos volúmenes de tránsito a altas velocidades.
ARTERIALES	Cierta grado de control de accesos para mejorar la movilidad
	Alto grado de movilidad a los viajes más largos
	Facilitan velocidades de operación y niveles de servicio altos
COLECTORES	Cierta grado de movilidad y servir a la propiedad colindante.
	Adecuados valores intermedios de velocidades directrices y niveles de servicio
	Doble función de acomodar los viajes más cortos y alimentar a los arteriales
CAMINOS Y CALLES LOCALES	Longitudes de viaje relativamente cortas
	Función principal es acceso a propiedad, por lo tanto poca necesidad de alta movilidad o velocidad de operación
	Bajas velocidades directrices y niveles de servicio

Fuente: Elaboración Propia

o Marco Normativo:

Desde el 2001, tenemos diferentes Manuales con distintas características para clasificar las Carreteras. A continuación, las carreteras según estos Manuales de manera cronológica:

Tabla N°7: Clasificación según Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978

<b>Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978</b>		
<b>Según Jurisdicción</b>		
Sistema Nacional	Red de Carreteras de interés nacional, une los puntos principales del país con sus puertos y fronteras.	
Sistema Departamental	Constituye la red vial, une capitales de provincias o zonas de influencia dentro de un mismo Departamento	
Sistema Vecinal	Carreteras de carácter local, une aldeas y pequeñas poblaciones entre sí	
<b>Según Servicio</b>		
Carreteras Duales	Calzadas separadas, 2 o más carriles. $IMD > 4000$ veh/día	
Carreteras 1ra. Clase	$2000 > IMD > 4000$ veh / día	
Carreteras 2da. Clase	$400 > IMD > 2000$ veh / día	
Carreteras 3ra. Clase	$IMD < 400$ veh / día	
Trochas Carrozables	IMD no especificado	
<b>Subclasificación de Caminos Vecinales</b>		
	<b>Por Demanda</b>	<b>Geometría</b>
Caminos CV - 1	$100 < IMD < 200$	Ancho de calzada de 6m a 7.5m
Caminos CV - 2	$30 < IMD < 100$	Ancho de calzada de 5.5m a 7.0m
Caminos CV - 3	$IMD < 30$	Ancho de calzada de 4.5 a 5m
Trochas Carrozables	IMD indefinido	Ancho de calzada de 3.6 a 4m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°8: Clasificación según el Manual de Carreteras DG – 2001

		Por Demanda	Por Geometría	Por Orografía	
<b>MANUAL DE CARRETERAS DG 2001</b>	CARRETERAS TIPO 1	IMDA > 4000 veh/día	Calzadas separadas	CARRETERAS TIPO 1	veh. pesados aprox. la misma velocidad que veh. ligeros
	Dos o más carriles por calzada		Incl. transversal < 10%		
	Control total de accesos				
	Flujo vehicular continuo				
	CARRETERAS DUALES O MULTICARRIL	IMDA > 4000 veh/día	Calzadas separadas	CARRETERAS TIPO 2	veh. pesados menor velocidad a veh. pasajeros
	Dos o más carriles por calzada		10% < Incl. transversal < 50%		
	Control parcial de accesos				
	CARRETERAS 1ERA CLASE	2001 < IMDA < 4000 veh/día	Una calzada	CARRETERAS TIPO 3	veh. pesados reducen la veloc. sostenida en rampa en dist. considerables
	Dos carriles	50% < Incl. transversal < 100%			
	CARRETERAS 2DA CLASE	400 < IMDA < 2000 veh/día	Una calzada	CARRETERAS TIPO 4	veh. pesados a menor veloc. sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, a distancias significativas
Dos carriles	Incl. transversal < 100%				
CARRETERAS DE 3RA. CLASE	IMDA < 400 veh/día				
	Sist. Vecinal < 200 veh/día				
TROCHAS CARROZABLES	Categoría más baja del camino transitable				
	Paso de un solo vehículo				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°9: Clasificación según el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen – 2008

MANUAL DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO - 2008				
	Por Demanda	Geometría	Por Orografía	
T3	101 < IMD < 200	Una calzada de 2 carriles (5.5 - 6.0m) afirmado(material granular)	Terreno Plano	pendiente máxima de 8% para una veloc. de diseño de 20 a 60 km/h
T2	51 < IMD < 100	2 carriles (5.5 - 6.0 m) afirmado(material granular)	Terreno Ondulado	pendiente máxima de 8% para una veloc. de diseño de 20 a 60 km/h
T1	16 < IMD < 50	1 o 2 carriles (3.5 - 6.0 m) afirmado(material granular)	Terreno Montañoso	pendiente máxima de 8% para una veloc. de diseño de 20 a 60 km/h
T0	IMD < 15	1 carril (3.5 - 4.5 m) afirmado(tierra)	Terreno Escarpado	pendiente máxima de 9% para una veloc. de diseño de 20 a 40 km/h y de 8% para una veloc. De diseño de 50 y 60
TROCHAS CARROZABLES	IMD indefinido	1 sendero suelo natural(tierra)		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°10: Clasificación según el Manual de Carreteras DG – 2014

	POR DEMANDA		POR OROGRAFÍA	
MANUAL DE CARRETERAS DG 2014	AUTOPISTAS DE 1RA CLASE	IMDA > 4000 veh/día	TERRENO PLANO ( TIPO 1)	pendiente transversal ≤ 10%
		calzadas separadas c/u con dos o más carriles		pendiente longitudinal < 3%
		control total de accesos		sin dificultad para el trazado
		flujo vehicular continuo		
	AUTOPISTAS DE 2DA CLASE	IMDA > 4000 veh/día	TERRENO ONDULADO (TIPO 2)	11% ≤ pendiente transversal ≤ 50%
		calzadas separadas c/u con dos o más carriles		3% < pendiente longitudinal < 6%
		control parcial de accesos		sin dificultad para el trazado
	CARRETERAS DE 1RA. CLASE	2001 < IMDA < 4000	TERRENO ACCIDENTADO ( TIPO 3)	51% ≤ pendiente transversal ≤ 100%
		una calzada de dos carriles		6% < pendiente longitudinal < 8%
	CARRETERAS DE 2DA. CLASE	400 < IMDA < 2000		
CARRETERAS DE 3RA. CLASE	una calzada de dos carriles	TERRENO ESCARPADO (Tipo 4)	pendiente transversal > 100%	
			pendiente longitudinal > 8%	
TROCHAS CARROZABLES	Construido con un mínimo movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo		gran dificultad para el trazado	

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.2 Tránsito

- Características del tránsito

Según la norma AASHTO 2011 en el tomo 1 en el capítulo 2 de controles y criterios de diseño nos informa que, en el diseño de un camino y sus funciones, deberá considerar los volúmenes de tránsito y las características de tránsito ya que es muy importante.

El volumen de tránsito nos podría indicar la necesidad de mejorar e influyen en sus características de diseño geométrico, como el número de carriles, anchos, alineamiento y pendientes.

También los datos de tránsito para un camino o un tramo de camino podrían obtener mediante estudios de campo.

- El Estudio de la Circulación por Carretera

Según el libro de ingeniería de carreteras elaborado por Carlos Kraemer, Jose Maria Pardillo, Sandro Rocci, Manuel G. Romana, Victor Sanchez Blanco, y Miguel Angel del Val, nos dice que en el capítulo 6 el estudio de la circulación tiene como prioridad deducir la relaciones que existe entre sus principales características como la velocidad del vehículo que pasa por una vía, las condiciones de las carreteras y la regulación del tráfico.

Para poder estudiar la circulación se emplearán unas magnitudes para saber los aspectos importantes del mismo, las que son empleadas frecuentemente son la intensidad, que se refiere al número de vehículos que pasan por una sección de la carretera por unidad de tiempo, y la velocidad media de los vehículos.

Con menor frecuencia se usa la densidad que es el número de vehículos por unidad de la longitud de la vía, la separación entre vehículos sucesivos, el número de paradas de un recorrido, etc.

- Intensidad De Tránsito

Según el libro de Ingeniería de Carreteras en el capítulo 6 nos dice que la intensidad de tráfico como el número de vehículos que pasa a través de

una sección fija de una carretera por unidad de tiempo, las cuales sus unidades más usadas son vehículos/hora y vehículos/día.

De la cual la intensidad es la característica más importante en la circulación, ya que las demás están relacionadas a ella. Permite caracterizar directamente el tipo de circulación en una carretera, por lo que se utiliza en todos los análisis sobre características del tráfico.

Generalmente el periodo de aforo se extiende a un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras. En la cual podemos definir como el número total de vehículos que pasan por una sección de la carretera durante el año, dividido por 365.

i) Las variaciones de la intensidad de tránsito

Al estudiar estos hechos observamos que en la gran mayoría de la carretera existe una tendencia creciente por factores como el aumento de la población, de la renta y del grado de motorización del lugar, principalmente es elevado cuando existe una economía estable y creciente, lo que hace que la población aumente en la cual estaríamos hablando de zonas urbanas porque tienen zonas industriales o de turismo, pero también existirá una tendencia decreciente como en zonas rurales por la emigración o en épocas de crisis de economía. Para estudiar variaciones de periodo anual se pueden obtener las intensidades medias diarias durante cada uno de los meses del año o semanas. Generalmente estas intensidades son mayores durante los meses de verano y menores en los de invierno. El aumento en verano es mayor en zonas turísticas y menores en zonas industriales. La excepción a este tipo de variación se presenta en las calles de grandes ciudades, en las que el tráfico es casi constante durante el año como podemos ver en la figura.

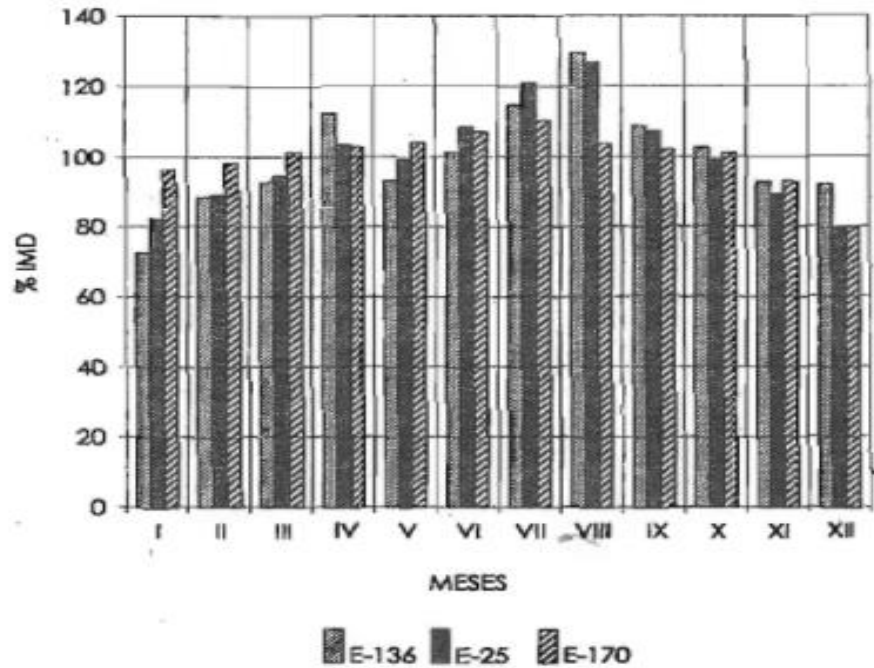


Figura N°1: Variación mensual de la intensidad media

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

También podríamos observar que durante la semana se presentan diferencias entre la circulación en los días laborables y en los festivos. En muchas carreteras y en la mayoría de las calles de las ciudades, la intensidad en un día festivo es mucho menor que en el resto de los días de semana, siendo la de los sábados menor que la de los demás días laborables y mayor que las de los festivos, como podemos ver en la figura.

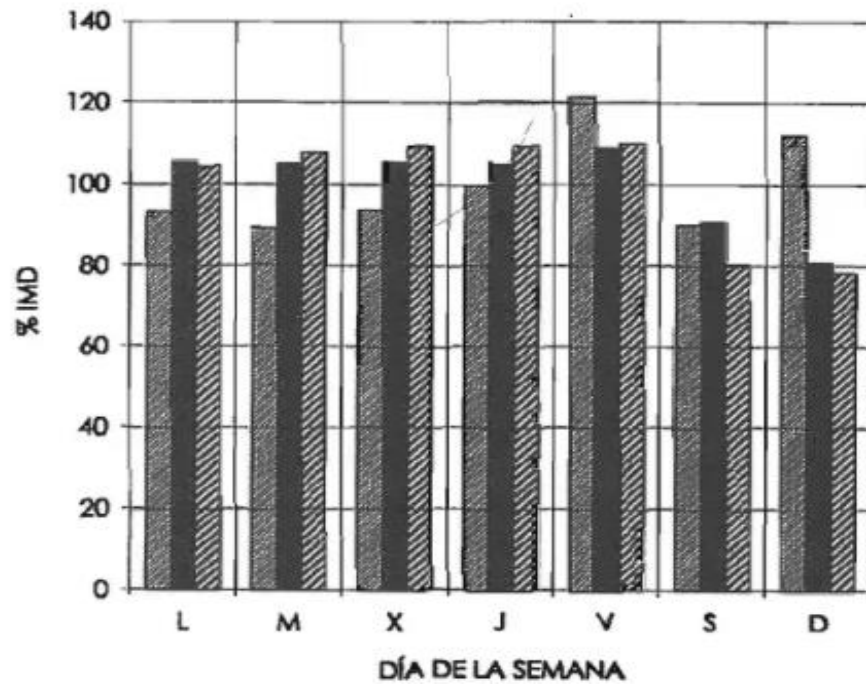


Figura N°2: Variación semanal de la intensidad media

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

En carreteras no saturadas basta con considerar las intensidades horarias, en vías con gran intensidad de tráfico hay que tener en cuenta que pueden saturarse. Para tener en cuenta estas variaciones a corto plazo, se divide la intensidad horaria durante estas puntas por un factor conocido como factor de hora punta, por ejemplo, si durante la hora punta se miden intensidades cada 15 minutos y la intensidad horaria durante toda la hora punta, el factor de hora punta será:

$$f = \frac{I_{60}}{4I_{15}}$$

ii) Distribución de frecuencias de las intensidades horarias

Las intensidades horarias son las que pueden determinar sus características de las vías que pueden hacerse frente a la demanda que puede tener una población o lugar, pero a causa de su variabilidad no se puede utilizar simplemente el valor medio de la intensidad horaria durante un periodo largo.



Para elegir la intensidad horaria que interesa considerar en el proyecto de una vía hay que tener en cuenta la frecuencia con que se presentan los distintos valores de esta intensidad.

Representando el número de horas al año en que se sobrepasan determinados valores de la intensidad, se obtiene una curva en la que puede verse que excepto para las 100 horas de mayor intensidad, la intensidad horaria disminuye lentamente al aumentar la frecuencia con que se sobrepasan los valores de intensidad. En cambio, para intensidades de tráfico elevadas, estas disminuyen rápidamente al incrementarse la frecuencia.

Para comparar entre sí curvas de frecuencias correspondientes a distintos tipos de carretera, en lugar de utilizar las intensidades horarias se emplean las relaciones entre las cifras que representan las intensidades horarias se emplean las relaciones entre las cifras que representan la intensidad horaria y el IMD.

La máxima intensidad horaria puede llegar a ser mayor del 20 por 100 de la IMD para carreteras en zonas turísticas, y menor del 10 por 100 en calles congestionadas.

Naturalmente, no estaría justificado utilizar como intensidad horaria representativa esta intensidad máxima, sino que sería preferible escoger un valor de la intensidad horaria que solo sea sobrepasado durante un reducido número de horas al año.

Se debería escoger la intensidad de forma que ese número de horas sea relativamente pequeño y que si se escogiera un número menor haya que emplear una intensidad horaria, si se escogiera un mayor número de horas disminuya poco la intensidad horaria.

En carreteras interurbanas es frecuente escoger como representativa de la demanda la intensidad horaria que solo se excede durante 30 horas al año, llamada intensidad de la hora 30.

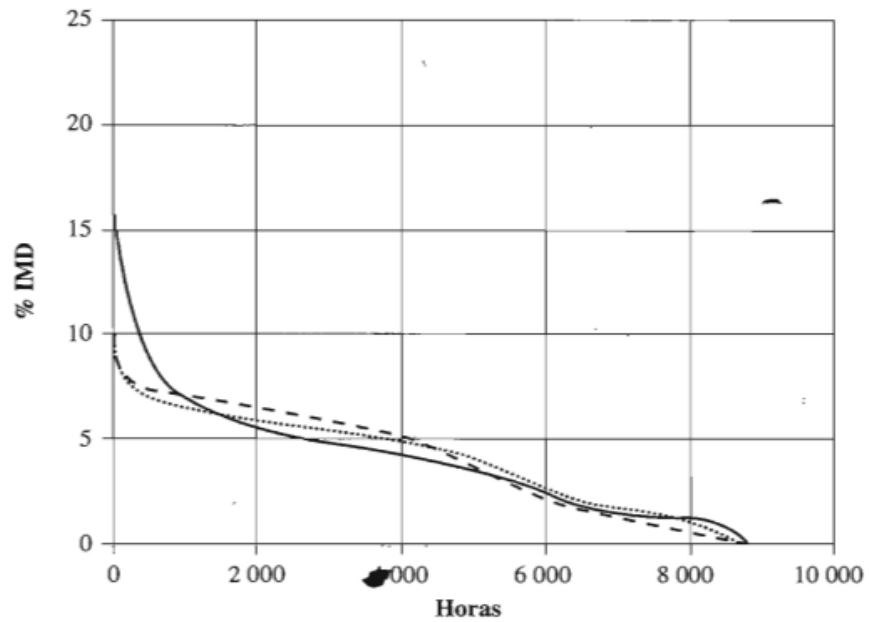


Figura N°3: Variables características del tráfico por carretera

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

### iii) Composición del tránsito

Además de conocer el número total de vehículos que pasan por una carretera, frecuentemente interesará saber qué tipo de vehículos circulan por ella. Por esta razón al realizar los aforos se clasifican los vehículos registrados en varias categorías, más o menos detalladas según las necesidades. a menudo, se clasifican los vehículos según una clasificación resumida como la siguiente

- Motocicletas
- Vehículos ligeros
- Vehículos pesados

La composición del tránsito se define mediante la proporción de vehículos en la IMD que pertenecen a cada categoría.

En general, la mayor parte del tránsito está formado por vehículos ligeros, mientras que las motos representan un porcentaje muy pequeño, y dentro de los vehículos pesados los camiones representan más del 90 por 100 de este grupo. La tendencia a lo largo de los últimos años ha sido

la del aumento de la importancia relativa de los vehículos ligeros y una ligera disminución relativa de los vehículos pesados.

Naturalmente la composición del tráfico varía de unas carreteras a otras. En zonas urbanas, la proporción de vehículos ligeros es mayor que en carreteras, llegando en las calles céntricas de las grandes ciudades a ser superior al 90 por 100. En las proximidades de grandes ciudades, son frecuentes proporciones de vehículos pesados entre el 15 y el 20 por 100, mientras que lejos de centros urbanos, especialmente en trayectorias importantes, son frecuentes proporciones de vehículos pesados entre el 20 y el 30 por 100, y aun superiores en algún caso. Evidentemente, estas composiciones medias sufren variaciones a lo largo del año, del día, etc.

- Velocidades de los vehículos

Según el libro ingeniería de carreteras la velocidad en un tramo de carretera varía mucho de unos vehículos a otros, incluso cuando se observa y estudia un solo vehículo este no se ve que su velocidad sea constante así que el conductor quiera mantener fija la velocidad. Por otra parte, se estudia los valores medios de la velocidad que circulan por un tramo, las cuales se podrían obtener de diferentes formas y con resultados diferentes en la cual se necesita especificar claramente como se ha obtenido la velocidad de la que se trate.

Según la norma AASHTO 2011 la velocidad de los vehículos depende de cinco condiciones generales: características físicas del camino, cantidad de interferencias, clima, presencia de otros vehículos, y limitación de velocidad establecida por ley o por dispositivos de control de tránsito.

Según la guía para el diseño geométrico de caminos locales de muy bajo volumen (TMD menor igual a 400) 2001 nos dice que siempre la velocidad fue una variable primaria de definición en el desarrollo y presentación de los criterios de diseño geométrico. Los proyectistas seleccionan una velocidad de diseño adecuada para el camino y la usan para correlacionar varias características del diseño. La velocidad de

diseño seleccionada debe representar realmente las velocidades de operación, verdaderas o previstas, y las condiciones del camino a diseñar.

Según el manual de estudios de tráfico que está escrito en portugués por el ministerio de transporte de Brasil y nos dice que la velocidad es, entre las características esenciales del tráfico, una de las más complejas para definir. Toma varias formas, según el tipo de tiempo que se utiliza (en movimiento, total, etc.) y la base espacial sobre la que se calcula. Los conceptos principales de la velocidad utilizada son:

- Velocidad: es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo (d) y el tiempo empleado al atravesarlo (t). Si llamamos a la velocidad V, entonces  $V = d / t$ . En estudios de La velocidad del tráfico se suele determinar en km / h.
- Velocidad instantánea: es la velocidad de un vehículo en un momento dado, correspondiente a un tramo cuya longitud tiende a cero.
- Velocidad puntual: es la velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un determinado punto o sección de la pista.
- Velocidad promedio en el tiempo: es el promedio aritmético de las velocidades puntuales de todos vehículos que pasan por un determinado punto o tramo de la vía, durante intervalos de tiempo finitos, incluso si son muy pequeños.
- Velocidad de desplazamiento media (velocidad media en el espacio): es la velocidad en un tramo de una carretera, determinado por la relación entre la longitud del tramo en el tiempo promedio gastado en viajar a través de él, incluidos los momentos en que, finalmente, los vehículos están detenidos.

#### iv) Distribución de frecuencias de las velocidades

Midiendo las velocidades de varios vehículos se pueden determinar las distribuciones de frecuencias de estas velocidades; las distribuciones obtenidas dependen del método de medida empleado. Si se miden las velocidades de los vehículos cuando pasan por un punto fijo de la carretera, se obtiene la llamada distribución temporal, mientras que si se

miden las velocidades de todos los vehículos en un instante dado se obtiene distribución espacial.

Es fácil medir las velocidades de los vehículos al pasar por un punto fijo, se suelen utilizar distribuciones y medias temporales.

#### Velocidad del percentil 85

Para muchos estudios de trazado o de regulación de tráfico no es adecuado considerar la velocidad media como velocidad de proyecto, porque el 50 % de los vehículos circulan a una velocidad superior: interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un número reducido de vehículos.

Se utiliza frecuentemente la velocidad correspondiente al percentil 85 de la distribución de los vehículos de turismo, que son los más rápidos. Esta velocidad del percentil 85 suele ser alrededor de un 20 % superior a la velocidad media.

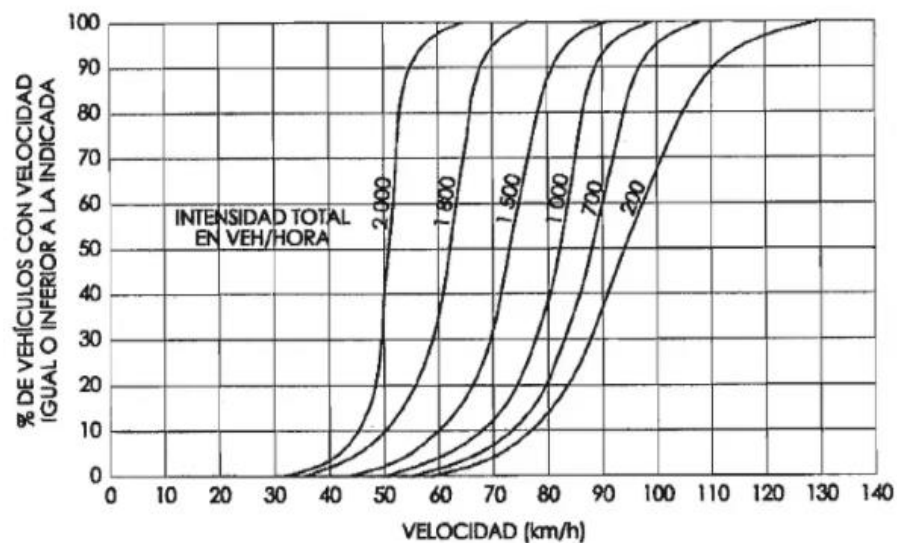


Figura N°4: Ejemplos de distribución de la velocidad de circulación en carreteras de dos carriles

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

#### Velocidad de flujo libre

Según el manual de estudios de tráfico está escrito en portugués por el ministerio de transporte de Brasil nos dice que la velocidad media de los vehículos en una determinada carretera, cuando tiene bajos volúmenes

de tránsito y no se imponen restricciones en cuanto a sus velocidades, ni por interacción vehicular ni por regulación de la Tránsito. Por tanto, refleja la tendencia del conductor a conducir a la velocidad deseada

#### Velocidad de marcha

Según la norma AASHTO 2011 dice que la velocidad a la que un vehículo en particular se desplaza sobre una sección de camino se conoce como su velocidad de marcha. La velocidad de marcha es la longitud de la sección de camino dividida por el tiempo tardado en recorrerla. La velocidad media de marcha de todos los vehículos es la medida de la velocidad más adecuada para evaluar el nivel de servicio y los costos de los usuarios de la vía. La velocidad media de marcha es la suma de las distancias recorridas por los vehículos en una sección de camino durante un periodo de tiempo especificado dividido por la suma de sus tiempos de ejecución.

#### Velocidad de directriz

Según el manual de estudios de tráfico está escrito en portugués por el ministerio de transporte de Brasil nos aclara que es la velocidad seleccionada con el fin de diseño, del cual se derivan los valores mínimos de determinadas características y está directamente vinculado a la operación y movimiento de vehículos. Normalmente es la velocidad más rápida con la que se puede recorrer un tramo de carretera de forma segura, cuando el vehículo está sujeto únicamente a las limitaciones impuestas por las características geométricas.

#### - Densidad del tránsito

Se denomina densidad del tráfico al número de vehículos que hay por unidad de longitud sobre una carretera, en la cual se podría medir obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que pasan. Pero rara vez esta magnitud se mide directamente, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad e intensidad. Evidentemente existe un valor máximo de la densidad del

tránsito, que se obtiene cuando todos los vehículos están parados en fila, sin huecos entre ellos.

Según el manual de estudios de tráfico de Brasil nos explica que la densidad se define como la cantidad de vehículos por unidad de longitud de carril y pueden medirse experimentalmente o por la relación:

$$D = F / V$$

Donde:

$D_t$  = densidad (veh / km)

$F_{mt}$  = caudal medio en la sección a (veh / h)

$V_{mt}$  = velocidad media en el tramo (km / h)

La ecuación anterior se utiliza para flujos insaturados y la densidad es un parámetro crítico de flujos continuos, porque caracteriza la proximidad de los vehículos, reflejando el grado de libertad de maniobra del tráfico.

#### - Relaciones entre magnitudes de tránsito

Entre las principales características de la circulación estudiadas existen relaciones que permiten deducir una de ellas a partir de las demás. Algunas de estas relaciones se deducen de su propia definición, mientras que otras se han obtenido de forma empírica a partir de numerosos datos recogidos en estudios reales. Estas relaciones son muy utilizadas en estudios de tránsito. Así, cuando se proyecta una nueva carretera, o se estudia el acondicionamiento de una existente, por la que se prevé que se registrará una cierta intensidad de tránsito, se podrá estimar la velocidad de los vehículos en esas condiciones si se conoce la relación velocidad/intensidad en una carretera de características análogas.

##### i) Relación básica entre las tres magnitudes

Al estudiar las distribuciones de velocidad se obtuvo la relación básica entre las tres magnitudes, intensidad, velocidad y densidad.

$$I = V \times D$$

Esta relación se obtiene por consideraciones racionales, y es válida en todas las circunstancias. Por tanto, conocidas dos de las magnitudes, la otra está totalmente determinada. Para poder estimar las otras dos magnitudes cuando se conoce una sola, se precisa una relación adicional, que se obtiene a partir de observaciones empíricas.

## ii) Influencia de la densidad en la velocidad

Basándose en unas consideraciones sencillas, es fácil ver qué tipo de relación puede existir entre la velocidad media de los vehículos y la densidad del tránsito.

- Si la densidad fuera pequeña, los pocos vehículos que estuvieran en la carretera podrían circular muy separados y llevar la velocidad que quisieran sus conductores, sin que ningún otro les interfiera. En estas condiciones, la velocidad de los vehículos podría ser altas como permitiera las características de la carretera y del vehículo.
- Cuando la densidad sea alta significa que haya tráfico los conductores tendrán dificultades para mantener la velocidad deseada.
- Cuando exista en la carretera demasiado tráfico y está totalmente ocupada por vehículos será imposible mover un vehículo sin chocar con el que le precede.

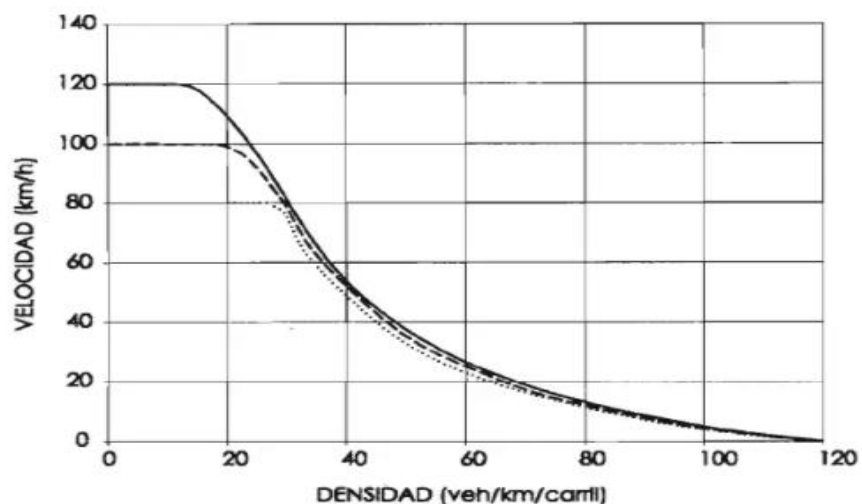


Figura N°5: Relación velocidad- densidad

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras



### iii) Relación fundamental del tránsito

Teniendo en cuenta la relación básica entre intensidad, densidad y velocidad media y la relación existente entre velocidad y densidad, se puede deducir la relación que existe entre intensidad y densidad. Cuando la densidad sea nula, también lo será la intensidad; y cuando la densidad alcance su valor máximo, por anularse la velocidad media, se anula también la intensidad. Entre ambos extremos, la intensidad tendrá valores positivos, y por consiguiente deberá alcanzar un valor máximo. Representando la intensidad en función de la densidad, resultan funciones convexas con un máximo.

El hecho de que exista un valor máximo de la intensidad que puede circular por una carretera es de la mayor importancia. Este valor máximo se conoce como capacidad de la carretera y la densidad para la que se obtiene se llama densidad crítica.

Cada valor de la intensidad menor que la capacidad se obtiene para dos valores distintos de la densidad, uno menor que la densidad crítica y otro mayor. El funcionamiento de la circulación es completamente distinto en ambos casos. Si la densidad es menor que la crítica, el tránsito se mantiene relativamente fluido y estable, en el sentido de que, si se produce alguna pequeña perturbación que aumenta momentáneamente, la densidad de tránsito tiende a disiparse y volver a la situación anterior. Por el contrario, cuando la densidad es superior a la crítica, las perturbaciones tienden a producir un empeoramiento de la situación, que puede llegar a la detención total del tráfico. Por ello, los puntos de rama ascendientes del diagrama corresponden a condiciones de tráfico que se pueden considerar aceptables, ya que los vehículos se mantienen moviéndose a una velocidad que, aunque no sea la deseable, no sufrirá excesivas variaciones. Por el contrario, los puntos de la rama descendente corresponden a una circulación inestable, en la que se producen constantemente paradas y avances, y las velocidades oscilan entre cero y valores siempre reducidos.

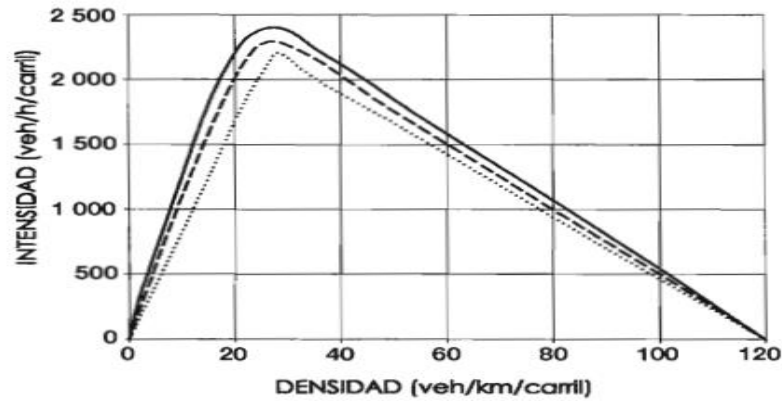


Figura N°6: Relación intensidad-densidad

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

El diagrama que representa la intensidad en función de la densidad se conoce como diagrama fundamental del tráfico, y en el que pueden obtenerse para cualquier punto la intensidad, la densidad y la velocidad media.

#### iv) Relación velocidad-intensidad

Esta relación es mucho más sencilla de obtener en la vida real, ya que es más fácil medir velocidades e intensidades que densidades. Además, la intensidad es una magnitud que define la demanda de tránsito en la carretera, y es por tanto un dato básico, mientras que la velocidad media define la calidad de la circulación, al influir en el coste total del recorrido. Frecuentemente, el problema será deducir las condiciones de tráfico. Esto hace que las relaciones velocidad-intensidad tengan una gran importancia práctica.

Como en el caso de la curva intensidad - densidad, se presentan dos velocidades distintas para cada valor de la intensidad: una relativamente elevada y otra menor.

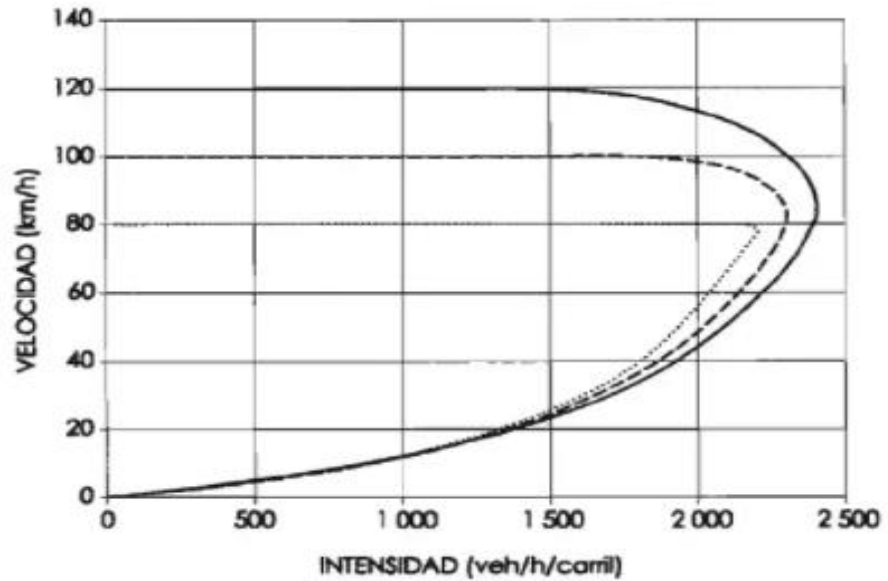


Figura N°7: Relación velocidad e intensidad

Fuente: Libro de ingeniería de carreteras

La parte superior de la curva corresponde a una circulación libre y estable, mientras que la parte inferior corresponde a una circulación congestionada e inestable. Comparando las curvas correspondientes a distintas carreteras, se observa que difieren apreciablemente en la parte superior, mientras que son parecidas en la parte inferior.





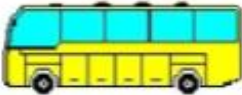







○ Clasificación de los vehículos

Según el libro de ingeniería de pavimentos de Alfonso Montejó Fonseca nos dice que el INV (Instituto Nacional de Vías) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan en el país:

- A=Vehículos livianos
- B=Buses
- C=Camiones.

Además, ha clasificado el tipo de vehículo de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en la Tabla N° 11:

Tabla N°11: Conteo manuales de tránsito

Código	Tipo de Vehículos	Figura
1	Automóviles y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	
CSR	Camiones Semiremolque	
CR	Camiones Remolque	
12	Otros Vehículos	

Fuente: Clasificación de vehículos según la estadística vial de la ABC de Bolivia

- Carga máxima legal

Según el libro de ingeniería de pavimentos de Alfonso Montejo Fonseca nos dice que la diversidad en las características de los vehículos que

circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de carga, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. La anterior consideración, plantea un problema muy complejo que hace necesario recurrir a simplificadas prácticas, por ejemplo, es muy complejo, y que la única fuente confiable de información para afrontar este problema es el AASHO ROAD TEST, de cuyos resultados se derivaron una serie factores de equivalencia, en los cuáles la figura N°9 muestra los adoptadas por el INV, carga tomada como patrón es un eje sencillo de 8.2 toneladas, cuya elección se hizo por dos motivos principales:

- a. Porque el valor de esta carga era similar a la de 8.0 toneladas propuestas en la convención de Génova en 1949
- b. Porque dicha carga por eje fue normalizada como carga para diseño de pavimentos flexibles, por muchos países y entidades.

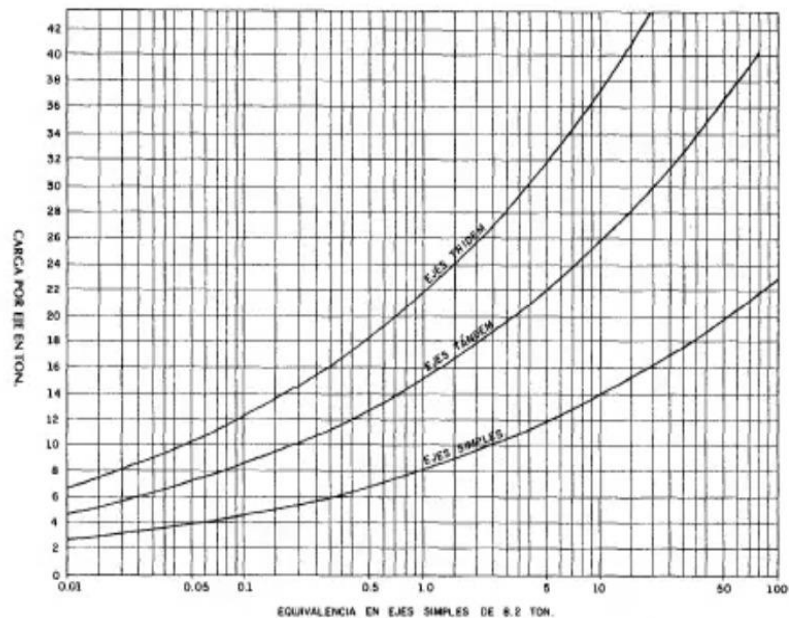


Figura N°8: Factores de equivalencia de carga para pavimentos flexibles

Fuente: Ingeniería de pavimento- Alfonso Montejo

- Determinación del tránsito existente

Según el libro de ingeniería de pavimentos de Alfonso Montejo Fonseca nos dice que la información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía que se debe recolectar con base en los procedimientos de la Ingeniería de Tránsito. La información que se requiere es la siguiente:

- a. El tránsito promedio diario semanal TPDS
- b. Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados

El TPD se halla efectuando un conteo, durante una semana, de todos los vehículos que pasan por la carretera objeto del estudio. Teniendo en cuenta que el tránsito en general presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana de aforo.

El INV de Colombia efectúa los conteos de tránsito preferencialmente en época de verano. El tránsito total registrado se divide por los siete días del conteo obteniéndose el TPDS, el cual debe discriminarse en vehículos livianos y comerciales.

En cada tramo de carretera estudiado se indica en un círculo el número de la estación de conteo y una línea horizontal sobre la cual se encuentra relacionado el tránsito promedio diario semanal (TPDS). Bajo dicha línea se encuentran relacionados los porcentajes de automóviles buses y camiones respectivamente.

- Supuración del tránsito durante el periodo de diseño

El pavimento debería de ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida útil, sin embargo, tenemos que reconocer que no es fácil ya que nosotros no podemos saber qué tipo de vehículos pasara por esa vía en un futuro y qué cargas se podría tener, ya que en el tránsito futuro intervienen factores muy difíciles, dado que es difícil de predecir los cambios en la economía y población.

Pero, el volumen de tránsito futuro de una vía nacional en servicio, que se encuentra en afirmado, puede ser estimado con razonable exactitud a

partir de datos sobre el tránsito existente y mediante un análisis estadístico de su evolución histórica. Se requiere un conocimiento del valor de la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarias para los estudios de pavimento, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento.

Para el cálculo existe un parámetro que es necesario contar con una serie cronológica de datos como la que presenta anualmente la Oficina de INV en Colombia en su publicación denominada “Volúmenes de tránsito” a partir de dichos datos y mediante la aplicación de modelos de regresión es posible ajustar las series históricas del tránsito con el uso de los modelos lineal y exponencial, pues son los que más se ajustan a estas series históricas. Eligiendo para el análisis el modelo que presente la mejor correlación de los valores de tránsito.

El tránsito inicial de vehículos comerciales utilizado para el diseño de un pavimento será la suma de: el normalmente existente, el atraído y el generado. Además, es conveniente tener en cuenta que para efectos del dimensionamiento de un pavimento interesa solamente el tránsito que pasa por un carril, al que se denomina carril de diseño, que es aquel por el cual se espera que circulen el mayor volumen de vehículos pesados, y para su determinación deben utilizarse los siguientes valores:

Tabla N°12: Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño

---

Número de Carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6+	40

---

Fuente: Ingeniería de pavimentos 2002. (pág 128).

El tránsito así obtenido habrá de proyectarse hacia el futuro una vez establecido el período de diseño y determinada la tasa anual de crecimiento del tránsito. Tradicionalmente en Colombia las proyecciones del tránsito se han efectuado utilizando el modelo exponencial expresado mediante la siguiente fórmula de interés:

$$T_n = T_i \times (1 + r)^n$$

donde:

$T_n$  = Tránsito en cualquier año  $n$ .

$T_i$  = Tránsito en el año cero (inicial).

$r$  = Tasa de crecimiento anual del tránsito.

A partir de la expresión es posible por integración obtener el tránsito acumulado durante los  $n$  años del período de diseño, mediante la siguiente ecuación:

$$T_{acumulado} = T_i \times \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)}$$

- Cargas equivalentes para el diseño de pavimentos

Con el objeto de evaluar el efecto, en un pavimento flexible, de las cargas diferentes a la estándar de 8.2 toneladas se han determinado factores de equivalencia de carga por eje, que se han obtenido a partir de los resultados del AASHTO ROAD TEST.

Los resultados obtenidos en el camino de prueba de la AASHTO, han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes, se expresa como

$$\text{Factor de equivalencia de carga} = \left(\frac{P_i}{P_0}\right)^4$$



donde

$P_o$  = carga estándar

$P$  = carga cuya equivalencia con la estándar se desea calcular

- Factor camión

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión).

Si bien el pesaje constituye el medio más preciso para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 toneladas, lo costoso que resultan estos estudios impide efectuarlos para todos los diseños de pavimento.

Por tanto, cuando se deba efectuar un diseño para un tramo de vía en el cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- Tomar el valor correspondiente a una vía cerrada del cual se posea dicha información, si se considera que la característica del tránsito en los dos tramos es similar.
- Estimar el factor camión a través de algún otro procedimiento de tipo empírico.

En el diseño de pavimento de AASHTO-93 nos dice que el Factor de Camión (FC) se define como el número de ESALs por vehículo. Este factor de camión puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración de tránsito dada. Es más exacto considerar factores de camión para cada clasificación general de camiones.

i) Determinación del factor camión por el método de conteo y pesaje.

El método consiste básicamente en pesar durante un periodo definido, todos los ejes de los vehículos comerciales que pasan por un determinado punto de una carretera, agrupándolos luego de acuerdo con su carga por eje en toneladas.

ii) Determinación del factor camión por el método de Mopt - Ingeroute y la Universidad de Cauca

Los factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia son los obtenidos por el MOPT-INGERROUTE y la Universidad del Cauca, tales valores se presentan en la siguiente tabla.

A partir de estos valores se puede estimar el factor camión, para cualquier tramo de la red nacional de carreteras, teniendo en cuenta que durante los conteos manuales que anualmente realiza el INV.

Tabla N°13: Factores equivalencias para ejemplos de dos métodos

Tipo de vehículo	Factores de equivalencia	
	Mopt-Ingeroute	Universidad del Cauca (1996)
C-2 pequeño		1.14
	1.4 (prom.)	
C-2 grande		3.44
C-3	2.4	3.76
C2 - S1		3.37
C4	3.67	6.73
C3 - S1		2.22
C2- S2		3.42
C3 - S2	4.67	4.40
C3- S3	5.0	4.72
Bus P-600		0.40
	0.2 (prom.)	
Bus P-900		1.0
Buseta		0.05

Fuente: Ingeniería de pavimentos 2002. (pág 134).

Ejemplo: Determinar el factor camión de un tramo de carretera cuyo TPDS es de 1368 vehículos de los cuales el 78% son automóviles, el 4% son buses y el 18% son camiones, el tránsito de camiones está distribuido así: C-2=25%, C-3=21 %, C-4=30%, C-5=15% y mayores de C-5=9%. Utilizar los factores de equivalencia propuestos por el MOPT-Ingeroute.

Solución:

1. Se determina el factor camión (FC) de los camiones

$$FC (\text{camiones}) = (25 \times 1.4 + 21 \times 2.4 + 30 \times 3.67 + 15 \times 4.67 + 9 \times 5) / (25 + 21 + 30 + 15 + 9)$$

$$FC (\text{camiones}) = 1.96$$

Teniendo en cuenta que el factor bus es de 0.2, entonces el factor camión de buses y camiones será:

- Determinación del número de ejes equivalentes en el carril de diseño y durante el periodo de diseño

En el libro de ingeniería de pavimentos de Alfonso Montejo Fonseca nos informa que una vez tengamos el número de vehículos que circulan en el carril de diseño durante el periodo de diseño, se podrá convertir la cantidad de vehículos a ejes simples equivalentes.

$$N = TPD \times (A/100) \times (B/100) \times 365 \times ((1+r)^n - 1) / (r \times F.C)$$

TPD = tránsito promedio diario inicial

A= Porcentaje estimado de vehículos pesados

B= Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

r= Rata anual de crecimiento de tránsito

Según la norma de AASHTO-93 nos dice que para hacer una rápida estimación del número de ESALs. Este procedimiento se llama simplificado porque usa un factor de camión promedio en lugar de factores de camión para cada tipo de vehículo. El resultado no es muy exacto y se debería usar sólo como una primera aproximación.

La fórmula a usar es:

$$ESAL = TPDA \times \%CP \times GF \times DD \times LD \times TF \times 365$$

- TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual inicial.
- %CP = Porcentaje de Camiones Pesados (clase 5 o más según FHWA)
- GF = factor de crecimiento (growth factor) que tiene en cuenta el crecimiento en volumen de camiones y en factor de camiones. Donde se obtiene la fórmula en la siguiente tabla:


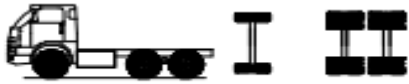





$$GF = [(1+gtv) \times (1+gtf)] - 1$$

Donde:

- gtv = crecimiento del volumen de tránsito
- gtf = crecimiento en el factor de camión
- DD = factor de distribución direccional para camiones (en tanto por uno)
- LD = factor de distribución por carril para camiones (en tanto por uno)
- TF = factor de camiones (ESALs/camiones)

Para poder resolver la ecuación se debe tener en cuenta el reglamento nacional de vehículos en el decreto supremo N° 058-2003-MTC en la cual nos dan los pesos y medidas máximas permitidas en la cual nos dan los pesos máximos por eje.

Tabla N°14: Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS										
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )							
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				Peso bruto máx. ( t )		
				1º	2º	3º	4º			
C2		12,30	7	11	---	---	---	---	18	
C3		13,20	7	18	---	---	---	25		
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	---	---	---	30		
8x4		13,20	7+7 <sup>(2)</sup>	18	---	---	---	32		
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29		
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36		
T2Se2		20,50	7	11	11	11	---	40		

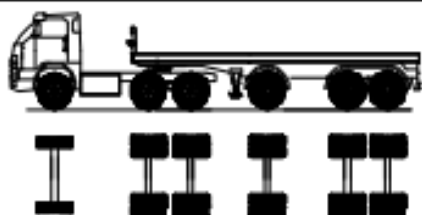
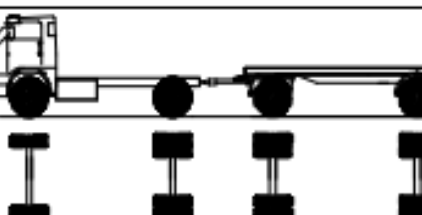
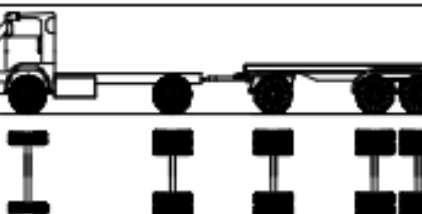
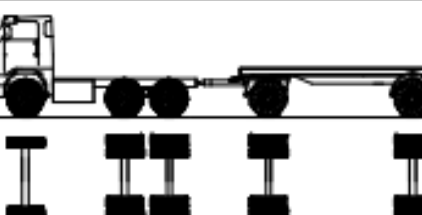
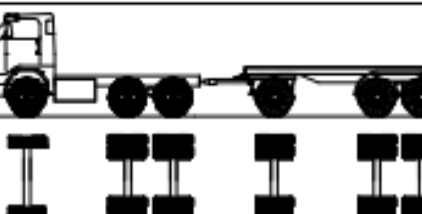
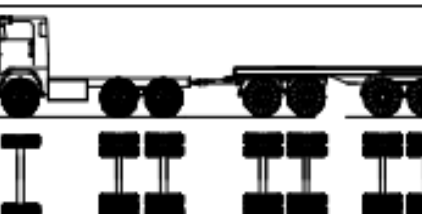
Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

Tabla N°15: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
T2S3		20,50	7	11	25	---	---	43
T2Se3		20,50	7	11	11 <sup>(4)</sup>	18	---	47
T3S1		20,50	7	18	11	---	---	36
T3S2		20,50	7	18	18	---	---	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	---	47
T3S3		20,50	7	18	25	---	---	48 <sup>(2)</sup>


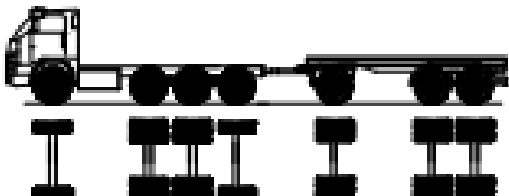
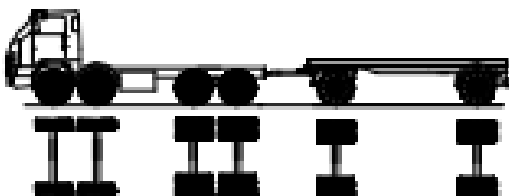
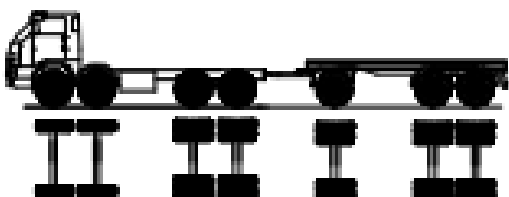
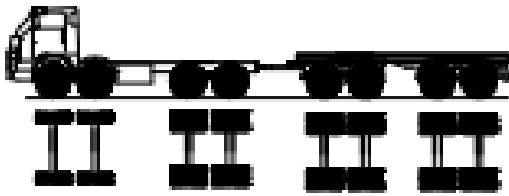
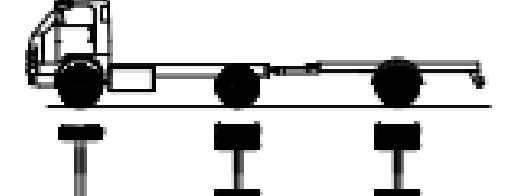
Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

Tabla N°16: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
T3Se3		20,50	7	18	11 <sup>(4)</sup>	18	---	48 <sup>(2)</sup>
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	48 <sup>(2)</sup>
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	48 <sup>(2)</sup>

Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

Tabla N°17: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C4R2		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	11	---	48 <sup>(2)</sup>
C4R3		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	18	---	48 <sup>(2)</sup>
8x4R2		23,00	7+7 <sup>(3)</sup>	18	11	11	---	48 <sup>(2)</sup>
8x4R3		23,00	7+7 <sup>(3)</sup>	18	11	18	---	48 <sup>(2)</sup>
8x4R4		23,00	7+7 <sup>(3)</sup>	18	18	18	---	48 <sup>(2)</sup>
C2RB1		20,50	7	11	11	---	---	29

Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).



Tabla N°18: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C3RB2		20,50	7	11	18	---	---	36
C3RB1		20,50	7	18	11	---	---	36
C3RB2		20,50	7	18	18	---	---	43
C4RB1		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	11	---	---	41
C4RB2		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	18	---	---	48
8x4 RB1		20,50	7+7 <sup>(2)</sup>	18	11	---	---	43

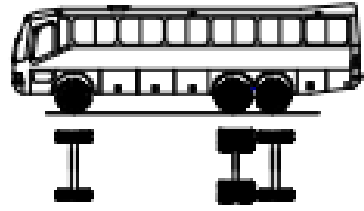
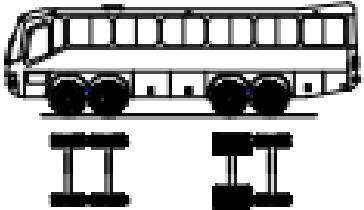
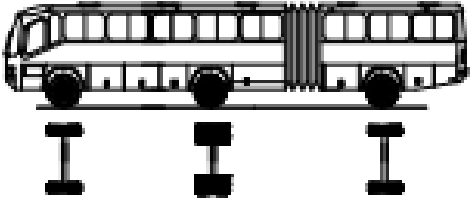
Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

Tabla N°19: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Eje Delant	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )
				Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
8x4 RB2		20,60	7+7 <sup>(2)</sup>	18	18	---	---	48 <sup>(2)</sup>
T352 S2		23,00	7	18	18	18	---	48 <sup>(2)</sup>
T35x2 Sx2		23,00	7	18	11 + 11 <sup>(2)</sup>	11 + 11 <sup>(2)</sup>	---	48 <sup>(2)</sup>
T352 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 <sup>(2)</sup>
T35x2 S1Sx2		23,00	7	18	11 + 11 <sup>(2)</sup>	11	11 + 11 <sup>(2)</sup>	48 <sup>(2)</sup>
B2		13,20	7	11	---	---	---	18

Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

Tabla N°20: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª		4ª
B3-1		14,00	7	16	---	---	---	23
B4-1		15,00	7+7 <sup>20</sup>	16	---	---	---	30
BA-1		18,30	7	11	7	---	---	25

Fuente: Reglamento nacional de vehículos (2001).

o IMDA

Según (Fustamante F., 2019) se tiene los siguientes conceptos:

- a) El Índice Medio Diario (IMD) es el número total de vehículos que pasan durante un día por una vía.
- b) El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de una semana, dividido entre 7 días
- c) El Índice Medio Diario Mensual (IMDM) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de un mes, dividido entre 30 días.

d) El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. Este valor es la suma de los volúmenes diarios del año en una sección de vía y dividido entre 365 días. Este indicador proporciona información indispensable para los estudios económicos de la vía y para su diseño estructural del pavimento.

o Volumen horario

En ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y / o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de

- Volumen
- Tasa de flujo
- Demanda
- Capacidad

Estos cuatro parámetros se relacionan estrechamente entre sí y se expresan en las mismas unidades o similares, sin embargo, no significan lo mismo. El volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico. La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente. La demanda es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial. La capacidad es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo.

- Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso determinado. Dependiendo de la duración de ese lapso, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- Tránsito anual (TA)

Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso  $T = 1$  año. 2.

- Tránsito mensual (TM)

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso  $T = 1$  mes. 3.

- Tránsito semanal (TS)

Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso  $T = 1$  semana

- Tránsito diario (TD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso  $T = 1$  día.

- Tránsito horario (TH)

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso  $T = 1$  hora.

- Tránsito en un período inferior a una hora (O<sub>i</sub>)

Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso  $T < 1$  hora y donde  $i$ , por lo general, representa el período en minutos.

Así, por ejemplo, Q<sub>15</sub> es el volumen de tránsito total en 15 minutos.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30

días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y períodos en minutos seguidos inferiores a una hora.

- Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante T días. De acuerdo al número de días del período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día.

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)  
TPDA= TA/365
- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)  
TPDM= TM/30
- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)  
TPDS= TS/7

- Volúmenes de tránsito horarios

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

- Volumen horario máximo anual (VHMA)

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8,760 horas del año.

- Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

- Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH)

Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10ava, 20ava y 30ava hora de máximo volumen.

- Volumen horario de proyecto (VHP)

Es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda presentar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

- Uso de volúmenes de tránsito

#### 1. Los volúmenes de tránsito anual (TA)

- Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
- Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
- Calcular índices de accidentes.
- Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.

#### 2. Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

- Medir la demanda actual en calles y carreteras.
- Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
- Definir el sistema arterial de calles.

- Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.
- Programar mejoras capitales.

### 3. Los volúmenes de tránsito horario (TH)

- Determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda.
- Evaluar deficiencias de capacidad.
- Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.

### 4. Las tasas de flujo (q)

- Analizar flujos máximos.
- Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
- Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
- Analizar las características de los volúmenes máximos.

#### - Características de los volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.



### 2.2.3 Modelos de cálculo de tasa de crecimiento

Seleccionar el período de diseño, es proyectar la población de la comunidad para el último año del período elegido. Esta población de diseño se calcula con la población actual de la comunidad y el índice de crecimiento de la población para el último período de diseño. Los métodos de estimación de la población futura son:

#### i) Método aritmético

Este método se emplea cuando la población se encuentra en período de franco crecimiento, la misma que está dado por:

$P_0$  = Pob. inicial

$r$  = Razón de crecimiento

$t$  = Tiempo futuro

$t_0$  = Tiempo inicial.

$$P_f = P_0 + \bar{r} \cdot t$$

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}}{n - 1}$$

#### ii) Método geométrico

Este método es utilizado cuando la población está en su iniciación o periodo de saturación y no cuando está en período de franco crecimiento.

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_d} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

### iii) Método de interés simple

Al igual que el método aritmético, es utilizado para poblaciones que se encuentran en franco crecimiento, para su estimación se utiliza la fórmula siguiente.

$P_f$  = Población a calcular

$P_o$  = Población inicial

$t$  = Tiempo en que se calcula la población futura.

$$P_f = P_o(1 + \bar{r} \cdot t)$$

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{i+1}}{P_i} - 1}{n - 1}$$

### iv) Método de interés compuesto

Este método de valores más altos es decir aplicable para poblaciones que se encuentran en la etapa de iniciación porque se trata de que la población crece como un capital sujeto a un interés compuesto.

$$P_f = P_o(1 + \bar{r})^t$$

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_{i+1} - \sqrt[n]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}}{n - 1}$$

### v) Método de la curva normal logística

Se utiliza para poblaciones mayores de 100,000 hab. o para aquellos que estén cerca de su período de saturación, estos expresado por la siguiente fórmula.

$P_s$  = Población de Saturación.

$P$  = Población esperada en el tiempo “ $t$ ”.

$a$  y  $b$  = Constantes

e = Base de los logaritmos neperianos.

$$P = \frac{P_s}{1 + e^{(0+bt)}}$$

Tisnado, J.(2014). Evaluación de la dotación per-cápita para el abastecimiento de agua potable en la población concentrada del distrito de Vilavila-Lampa-Puno. Universidad nacional del altiplano Puno).

vi) Crecimiento absoluto de una población y componentes que los determinan

El crecimiento de una población, desde un determinado momento en el tiempo “t” y durante un periodo de tiempo “n” , es la diferencia entre la población existente al final de dicho periodo de tiempo y la población que había al principio:  $\Delta P^{t, t+n} = P^{t+n} - P^t$  de manera que la población al final del tiempo “n” es igual a  $P^t + \Delta P^{t, t+n}$  .

Este crecimiento absoluto, en realidad, es el resultado del balance entre los flujos de entrada y de salida (de hecho, puede haber un crecimiento negativo si las salidas superan a las entradas).

Esto nos lleva a la conocida Ecuación compensadora:

$$P^{t+n} = P^t + (N^{t, t+n} - M^{t, t+n} + I^{t, t+n} - E^{t, t+n})$$

(Población final = Población inicial + Nacimiento – Defunciones + Inmigraciones – Emigraciones)

vii) Crecimiento en relación con la población media

Esta tasa de crecimiento adoptará la misma forma que las tasas de otros fenómenos; se situará en el numerador el número anual de acontecimientos

(en este caso el incremento anual experimentado por la población) y en el denominador la población media del periodo observado.

Tasa de crecimiento= Crecimiento anual / población media

$$r^{t,t+n} = \frac{(P^{t,t+n} - P^t) / n}{(P^t + P^{t+n}) / 2}$$

Nótese que, calculado así el crecimiento, pueden establecerse las siguientes equivalencias:

Tasa de crecimiento= Tasa de crecimiento natural + Tasa de crecimiento migratorio

Y aún más:

Tasa de crecimiento = TBN – TBM + TBI – TBE (es decir, el balance entre las tasas “brutas” de natalidad, mortalidad, inmigración y emigración).

viii) Crecimiento relativo a la población inicial

Una forma aún más sencilla de hacer relativo el crecimiento es, simplemente, dividir su magnitud anual por la población de partida, Tasa de crecimiento= Crecimiento anual / población inicial y considerar que la diferencia entre la población inicial y la población final se ha repartido en incrementos iguales en cada fracción anual del intervalo. Se trataría de una función estimativa del ritmo de crecimiento bajo el supuesto de que se trata de un crecimiento “aritmético”.

$$r^{t,t+n} = \frac{(P^{t,t+n} - P^t) / n}{P^t}$$

Despejando, podrá estimarse la población en cualquier momento posterior mediante la fórmula

$$P^{t,t+n} = P^t * (1 + r * n)$$

Sin embargo, esta es una aproximación demasiado burda y poco realista, porque a medida que la población fuese experimentando crecimientos parciales, el crecimiento absoluto del siguiente año sería el mismo que el de los años anteriores. Esto implicaría, en realidad, que el crecimiento relativo de esta población, tomando cada nuevo año como punto de partida, iría decreciendo regularmente, tendiendo a ser nulo.

ix) Tasa de crecimiento anual acumulativo

La idea es tomar en cuenta, al inicio de cada año, la población inicial pero también el incremento experimentado hasta entonces. Así, el crecimiento siempre será relativo al tamaño de la población al empezar cada nuevo año, de modo que su magnitud absoluta irá cambiando también. Por eso la función que lo describe nos habla de “crecimiento geométrico”, en vez del “aritmético” que acabamos de ver más arriba.

$$P^{t+n} = P^t (1 + tcaa)^n$$

$$P^{t+n} / P^t = (1 + tcaa)^n \quad \longrightarrow \quad \sqrt[n]{\frac{P^{t+n}}{P^t}} = 1 + tcaa$$

$$\boxed{tcaa = \sqrt[n]{\frac{P^{t+n}}{P^t}} - 1}$$

(Perez, J. El crecimiento de la población. Disponible en: <http://sociales.cchs.csic.es/jperez/pags/demografia/Lecciones/Crecimiento.htm>)

## 2.2.4 Tasa sin crecimiento

El siguiente cuadro proporciona el criterio para seleccionar el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años.

Tabla N°21: Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de número de repeticiones de EE

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Manual de carretera suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013).

Fórmula del factor sin crecimiento es:

$$Factor\ Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

## 2.2.5 Gestión vial

- Geometría

Según el manual de carreteras de diseño geométrico de vía del año 2014 nos informó que el IMDA (Índice Medio Diario Anual) la cual representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

### i) Clasificación de Carreteras:

Según el MTC en el Manual de Diseño de Carreteras 2014 nos dice que las carreteras se clasifican en 6 formas:

#### Autopistas de Primera Clase:

Las carreteras tienen un IMD mayor a 6000 vehículos diarios, en la cual nuestra calzada debería tener dos o más carriles de 3.6 metros de ancho como mínimo, con un control total de accesos, su superficie de rodadura deberá de ser pavimentada.

#### Autopistas de Segunda Clase:

Las carreteras tienen un IMD entre 6000 y 4001 vehículos diarios, en la cual tienen una calzada dividida por medio de un separador central que puede variar de 6 hasta 1 metro donde se podrá instalar un sistema de contención vehicular, cada una de la calzada tendrá dos o más carriles de 3.60 metros de ancho como mínimo, con control parcial de accesos.

#### Carreteras de Primera Clase:

Las carreteras tienen un IMDA entre 4000 y 2001 vehículos diarios, en la cual tendrán una calzada de dos carriles de 3.60 metros de ancho como mínimo. Se podrá tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas sería recomendable que se cuente con puente peatonales, también la superficie de rodadura de estas carreteras debe de ser pavimentada.

#### Carreteras de Segunda Clase:

Las carreteras tendrán un IMDA entre 2000 y 400 vehículos diarios donde se podrá tener una calzada de dos carriles de 3.30 metros de ancho como mínimo, se tendrán cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas sería conveniente que se cuente con puente peatonales, también su superficie de rodadura de estas carreteras debería de ser pavimentada.

#### Carreteras de Tercera Clase:

Las carreteras con un IMD menor a 400 vehículos diarios con una calzada

Son carreteras con un IMDA menores a 400 vehículos diarios con una calzada de dos carriles de 3.00 metros de ancho como mínimo,



donde estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 metros contando con la ayuda de un técnico correspondiente del tema.

En la cual debería de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para la carretera de segunda clase.

Trochas Carrozables:

Tienen un IMDA menor a 200 vehículos diarios, es una vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera. Sus calzadas deberían de tener un ancho mínimo de 4.00 metros, en cuyos casos se construirían plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 metros. Su superficie de rodadura debería de ser afirmada o sin afirmar.

ii) Estándar de diseño de una carretera:

La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

1. La Categoría que le corresponde como las autopistas de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase.
2. La velocidad de diseño (V).
3. La sección transversal definida.

### iii) Tipos de Vehículos

Según el manual de diseño geométrico de vías (DG-2014), conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

#### Vehículo de pasajeros

- ❖ Jeep (VL)
- ❖ Auto (VL)
- ❖ Bus (B2, B3, B4 y BA)
- ❖ Camión C2

#### Vehículo de carga

- ❖ Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
- ❖ Camión C2
- ❖ Camión C3 y C2CR
- ❖ T3S2

#### Vehículos ligeros:

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan

camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles: Ancho: 2,10 m.y Largo: 5,80 m. (Manual DG, 2014)

Vehículos pesados:

Son los vehículos los cuales su geometría está dada en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para poder saber sus distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, depende de su altura con respecto a los vehículos ligeros. (Manual DG, 2014)

Tabla N°22: Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras. Según Reglamento Nacional de vehículos

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes		Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40		1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25		2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55		4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75		4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00		3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50		0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75		0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80		1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70		1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90		2,00	1

Fuente: Manual de carretera diseño geométrico (2014)

- Pavimentos

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito; y está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (MTC, 2013, p. 23).

También explica que hay tres tipos de pavimentos siendo: pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos.

- Afirmados

Según el manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos nos muestra las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años; estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con gravas naturales o zarandeadas, ó Afirmados con gravas homogeneizadas mediante chancado.

#### - Pavimentos Flexibles

En este manual se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país. Los procedimientos adoptados son:

- Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993
- Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el periodo de diseño.

Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.

Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

La forma como se consideran estos dos parámetros dependerá de la metodología que se emplee para el diseño.

Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 toneladas, que en el presente Manual se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el presente Manual se denominan Número de Repeticiones de EE de 8.2 t. Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos flexibles, en este manual, se definen tres categorías:

- a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla N°23: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Manual de Pavimentos (2008).

### 2.3 Definición de términos básicos

Según el glosario del MTC:

Índice medio diario anual (IMDA).

Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de la carretera, durante 24 horas, de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

Carretera.

Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Pavimento.

Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura.

Pavimento flexible.

Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

Pavimento rígido.

Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

Tránsito.

Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público (Circulación).

Transitabilidad.

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

Vehículo.

Todo medio capaz de desplazarse que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos.

Vehículo Liviano.

Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

Vehículo liviano de uso privado.

Vehículo automotor de peso bruto hasta 1,5 t.

Población rural.

Para fines censales se considera a la población que habita en un centro poblado rural.

Población urbana.

Para fines censales, se considera a la población que habita en un centro poblado urbano.



## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 General

Si relacionamos la tasa de crecimiento negativa con la gestión vial, se podrá saber la incidencia que esta causa para poder tener una proyección precisa en los estudios de caminos de bajo volumen en el Perú.

#### 3.1.2 Específicas

- a. Estudiando los modelos de proyección de tránsito se logrará determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.
- b. Analizando los rangos de tránsito se podrá determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.
- c. Determinando los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo se podrá establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.

### 3.2 Relación entre variables

#### 3.2.1 Diseño de la investigación

Variable independiente

X: Tasa de Crecimiento

Variable dependiente

Y: Gestión Vial

### 3.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla N°24: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	INSTRUMENTO	HERRAMIENTAS
V. INDEPENDIENTE							
TASA DE CRECIMIENTO	Índice que se emplea en investigaciones demográficas como ecológicas con el fin de exponer como ha sido el incremento o disminución de la población de una especie en un lugar y tiempo específico.	De acuerdo a la población que se obtiene según el censo poblacional realizado por el INEI	POBLACIÓN	PORCENTAJE	%	CENSO POBLACIONAL INEI 2017	INEI
			PBI	PORCENTAJE	%	INEI	
V. DEPENDIENTE							
GESTIÓN VIAL	Acción de administrar la infraestructura vial, a través de funciones de planeamiento, ejecución, mantenimiento y operación, incluyendo aquellas relacionadas con la presentación de la integridad física del derecho de vía.	De acuerdo a los modelos de proyección de tránsito, IMD, Diseño de Pavimentos, obtenidos por los estudios de los expedientes técnicos.	Modelos de proyección de tráfico	Modelo Aritmético	V/día	PBI	Expedientes Técnicos
				Modelo Geométrico			
				Modelo de interés simple		PBI per capita	
				Modelo de interés compuesto			
			IMD	Vehículos por día	V/día	ESTUDIO DE TRÁFICO	
			Diseño de pavimentos	Ejes equivalentes	EAL	Perfiles de Carreteras	
				Espesor de pavimento	centimetro	Expedientes técnicos	
Tesis							

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1 Tipo y nivel

Método: Deductivo

Según este método, iniciamos desde lo más general, evaluando varios expedientes técnicos, rescatando los tramos que son de bajo volumen, los cuales parten a ser nuestra zona de estudio, para luego poder así llegar a una conclusión específica.

Orientación: Aplicada

La investigación aplicada busca la generación de un nuevo concepto de manera ordenada, para poder amplificar el conocimiento. Para nuestro proyecto, la incidencia en la gestión vial con una tasa de crecimiento negativa será el nuevo conocimiento, ya que siempre se suele evaluar proyectos con tasas de crecimiento positivas.

Enfoque: Cualitativo

Tipo de investigación: Descriptivo - Correlacional

Es descriptivo, porque se busca desarrollar una descripción del estudio a partir de sus características.

Es correlacional, porque se busca relacionar nuestras variables “gestión vial” y “tasa de crecimiento negativa” en un mismo contexto.

Nivel de investigación: Descriptivo

Es descriptivo, porque a partir de una recolección de datos de los expedientes técnicos en estudio, se podrá predecir una relación entre nuestras variables “gestión vial” y “tasa de crecimiento negativa”.

## 4.2 Diseño de investigación

Diseño: Observacional, retrospectivo, longitudinal.

Es observacional, porque nuestra variable independiente ‘‘tasa de crecimiento negativa’’ no es manejable.

Es retrospectivo, porque se cuenta con datos recolectados de los expedientes técnicos, para aplicarlos a nuestro estudio y poder tener proyecciones.

Es longitudinal, porque se realiza más de una medición, hay comparación de valores.

## 4.3 Población y muestra

### Población

Toda la información que se encuentre a base de todos los expedientes técnicos recolectados, investigaciones nacionales e internacionales, normas y datos de entidades públicas del Perú.

### Muestra

El diseño muestral está comprendido en la información obtenida según los expedientes de algunos Departamentos del Perú.

## 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Nuestra recopilación de datos es a base de investigaciones tanto nacionales como internacionales, expedientes técnicos, artículos, datos recogidos de las entidades públicas y las normas correspondientes.

Las herramientas de recopilación de información son los censos poblacionales dados por el INEI, estudios de tráfico, perfiles de carretera, presupuestos, obtenidos de los expedientes técnicos.

### 4.4.1 Procedimientos para la recolección de datos.

En el proyecto de investigación, nuestro procedimiento para la recolección de datos es la búsqueda de censos nacionales dados por el INEI, para así obtener la tasa de crecimiento negativa en nuestra zona de estudio, datos del PBI, también dados por el INEI, para nuestros modelos de proyección de

tráfico. Indagar los diferentes modelos de proyecciones de tráfico, en investigaciones nacionales e internacionales, artículos, expedientes técnicos e información dada por las entidades públicas a fines.

#### 4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se realizará una investigación bibliográfica, apoyándonos de Tesis Nacionales, Tesis Internacionales, libros, manuales, artículos; todos descargados de la web, para hacer una comparación entre IMD y EAL de nuestros expedientes que tienen una tasa de crecimiento departamental con la provincial.

En primer lugar, se realizará un análisis en los modelos aplicados para poder escoger un modelo que tenga una mayor confiabilidad. Con nuestro modelo escogido, se calculará el tránsito futuro y comparó con los de los expedientes.

Posteriormente, se calculará también los ejes equivalentes por cada tramo, en la cual también se procederá a comparar con el de los expedientes estudiados.

Esta información nosotros la compararemos con las tablas de los diferentes manuales, de acuerdo con el IMD y EAL de nuestros tramos, si están dentro de los rangos o no, para así obtener la incidencia en la gestión vial.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1 Diagnóstico y situación actual:**

El Perú cuenta con una Red Vial Nacional muy grande. Según estadísticas de tránsito, aproximadamente el 90% de nuestra Red Vial Nacional, soporta un volumen de tránsito inferior a 250 vehículos al día. Por este motivo, podemos afirmar que una gran proporción de nuestros caminos está teniendo un sobredimensionamiento o se está ejerciendo proyectos sin respetar alguna norma que haya sido establecida de manera correcta para este tipo de casos.

En algunos distritos y/o provincias, la tasa de crecimiento poblacional es negativa, así como también la tasa de PBI, siendo estas dos variables muy importantes para una proyección de un tránsito futuro. Por lo tanto, los proyectistas suelen tomar la tasa Departamental que usualmente es positiva para así poder tener el diseño de una vía, así este no se acerque a la realidad. Lo que se va a determinar es la incidencia de esta tasa de crecimiento negativa en la gestión vial en caminos de bajo volumen.

### **5.2 Estudios de tránsito:**

A continuación, presentamos los rangos de tránsito existentes en los manuales y libros de AASHTO y el MTC a lo largo de los años, teniendo así un Diseño Geométrico y de Pavimentos según cada uno de estos, para posteriormente poder clasificar la información obtenida de los expedientes.

### 5.2.1 Diseño Geométrico y de Pavimentos según los Manuales y/o libros de AASHTO y el MTC.

- Diseño Geométrico según libro de Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen AASHTO 2001 y los Manuales de Carreteras 2001 y 2014, el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito 2008 y las Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978.

En el siguiente cuadro se encuentra la clasificación Geométrica de los distintos Manuales y/o Libros mencionados según su demanda.

Tabla N°25: Geometría de una vía según los distintos Manuales y libros de AASHTO y el MTC.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS LOCALES DE MUY BAJO VOLUMEN (TMD < 400) - AASHTO 2001			MANUAL DE CARRETERAS DG 2001			MANUAL DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO - 2008		NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE CAMINOS VECINALES - 1978	
ZONAS RURALES		Según proyectista	NOMBRE	POR DEMANDA	GEOMETRÍA	NOMBRE	GEOMETRÍA	NOMBRE	GEOMETRÍA
0 A 250 veh/día	ACCESOS PRINCIPALES	5.4 a 6m	CARRETERAS DE 3RA. CLASE	IMDA < 400 veh/día	Una sola calzada	T3: 101 < IMD < 200	Una calzada de 2 carriles (5.5 - 6.0m)	Caminos CV - 1: 100 < IMD < 200	calzada de 6m a 7.5m
	ACCESOS SECUNDARIOS			Caminos del sistema vecinal < 200 veh/día					
	ACCESOS RECREACIONAL Y ESCÉNICO		TROCHAS CARROZABLES	Camino transitable para vehículos automotores	Paso de un solo vehículo				
250 a 400 veh/día	ACCESOS PRINCIPALES	5.4 a 6m	MANUAL DE CARRETERAS DG 2014			T2: 51 < IMD < 100	2 carriles (5.5 - 6.0 m)	Caminos CV - 2: 30 < IMD < 100	calzada de 5.5m a 7.0m
	ACCESOS SECUNDARIOS								
	ACCESOS RECREACIONAL Y ESCÉNICO								
0 a 400 veh/día	ACCESO DE RECUP. DE RECURSOS	6 a 6.8m	CARRETERAS DE 3RA. CLASE	IMDA < 400 veh/día	Calzada de dos carriles de 3m de ancho como mínimo cada carril	T1: 16 < IMD < 50	1 o 2 carriles (3.5 - 6.0 m)	Caminos CV - 3 IMD < 30	calzada de 4.5 a 5m
	ACCESO AGRÍCOLA	6.6 a 8m							
ZONAS URBANAS		Según proyectista				T0: IMD < 15	1 carril (3.5 - 4.5 m)		
0 A 250 / 250 a 400 veh/día	ACCESOS PRINCIPALES	6.1 - 8.5m	TROCHAS CARROZABLES	IMDA < 200 veh/día	Ancho de calzada de 4m como mínimo	TROCHAS CARROZABLES: IMD INDEFINIDO	1 sendero	TROCHAS CARROZABLES: IMD indefinido	calzada de 3.6 a 4m
0 a 400 veh/día	ACCESOS RESIDENCIALES	8.5 - 10.3m							

Fuente: Elaboración Propia.

- Diseño de Pavimentos según manuales y libros de AASHTO y el MTC.

A continuación, se muestra la Clasificación de AASHTO 1992 y el Manual del Pavimentos y Suelos del MTC, para poder Clasificar el tránsito según nuestros ejes equivalentes.

Tabla N°26: Diseño de Pavimentos según AASHTO 1993 y Manual de Pavimentos y Suelos

AASHTO 93			Manual de Pavimentos y Suelos	
Pavimentos Flexibles	Alto	700,000 a 1,000,000	Tp1	>150,000 EE
	Medio	400,000 a 600,000		≤ 300,000 EE
	Bajo	50,000 a 300,000	Tp2	>300,000 EE
		≤ 500,000 EE		
Carretera de Superficie Agregada	Alto	60,000 a 100,000	Tp3	>500,000 EE
	Medio	30,000 a 60,000		≤ 750,000 EE
	Bajo	10,000 a 30,000	Tp4	>750,000 EE
		≤ 1,000,000 EE		

Fuente: Elaboración Propia.



### 5.2.2 IMD y Tasas de Crecimiento Poblacional y PBI:

Los expedientes técnicos son documentos donde se puede apreciar la realidad. A continuación, se presentan información de IMD, Tasas de Crecimiento Poblacional y PBI de 10 expedientes, considerando los tramos que cumplen con un IMD menor a 400 vehículos por día.

- Expediente N°1: Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU 135) Checca - Mazocruz.

El proyecto está ubicado en el Departamento de Puno en la Provincia de El Collao. Este expediente tiene como objetivo proporcionar información básica para hallar indicadores de tránsito y nivel de servicio en los diferentes tramos de la carretera en mención. Se tomaron los tramos que cumplían con el IMD menor a 400 vehículos por día para posteriormente hallar su IMD futuro.

Tabla N°27: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°1

EXP. 1: ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA (PU135) CHACCA-MAZOCRUZ			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCION	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
TRAMO 01: Checa-Dv. Juli	183	1.9	5.2
TRAMO 02: Dv. Juli- Mazocruz	38		
TRAMO03:Ilave-Checa	329		

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°2: Estudio de Preinversión a nivel de perfil para la elaboración del proyecto de mejoramiento de la carretera Molinopampa- Pte. Huarochirí- Pasacancha- Andaymayo - Pomabamba- Piscobamba- San Luis- Emp. pe-14b(Huari) por niveles de servicio.

Este proyecto está situado en el Departamento de Ancash, con la finalidad de obtener la información básica para determinar los indicadores de tránsito y niveles de servicio para sus distintos tramos.

Tabla N°28: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°2

EXP. 2: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MOLINOPAMPA-PTE. HUAROCHIRI-PASACANCHA-ANDAYMAYO-POMABAMBA-PISCOBAMBA- SAN LUIS- EMP. PE 14B(HUARI) POR NIVELES DE SERVICIO			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCIÓN	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
TRAMO 01: MOLINOPAMPAHUALLANCA	283	1.41	6.74
TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	126		
TRAMO03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	191		
TRAMO 04: DV. CORONGO-DV.PASACANCHA	186		
TRAMO 05: DV PASACANCHA-ANDAYMAYO	46		
TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	183		
TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE PISCOBAMBA	185		
TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	174		
TRAMO 09: DV. YUNGAY- ZONA URBANA DE SAN LUIS	169		
TRAMO 10 y 11: SAN LUIS - HUAMPARAN-HUARI	171		

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°3: Fraccionamiento y actualización del presupuesto del estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Oyon - Ambo.

Está ubicado en los Departamentos de Lima Región, Huánuco y Pasco, y busca el mejoramiento de la carretera en estudio

Tabla N°29: IMD, Tasa Poblacional y Tasa de PBI según el Exp. N°3

EXP. 3: FRACCIONAMIENTO Y ACTUALIZACION DEL PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA OYON-AMBO			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCION	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
TRAMO 01: OYON- ICHUCHACUA	406	4.5	5.9
TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	134	4.5	5.9
TRAMO03: DV. CERRO DE PASCO- YANAHUANCA	57	4.5	5.9
TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	308	4.5	5.9
TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	172	4.5	5.9
TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	228	4.5	5.9

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°4: Estudio definitivo de ingeniería rehabilitación y mejoramiento de la carretera Patahuasi - Yauri-Sicuani, tramo: Negromayo – Yauri - San Genaro.

Este estudio se realizó en los Departamentos de Arequipa y Cusco con la finalidad de tener un estudio completo para la rehabilitación de la carretera mencionada. Nos dan la información de la evaluación económica.

Tabla N°30: IMD, EE según el Exp. N°4

EXP. 4: ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERIA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI-YAURI-SICUANI, TRAMO: NEGROMAYO-YAURI-SAN GENARO		
TRÁNSITO VEHICULAR		
DESCRIPCION	IMDs	EE proyectado diario
TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	325	603
TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	397	-

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°5: Estudios definitivo "Rehabilitación y Mejoramiento del camino vecinal Talavera- Mulacancha- Taramba- Nueva Esperanza-ap-150-Apurimac”.

Este proyecto tiene como finalidad conocer el volumen de vehículos que transita por el camino vecinal mencionado, para así poder diseñar el pavimento.

Tabla N°31: IMD, Tasa Poblacional, Tasa de PBI y Vehículos Ligeros, Pesados en % según el Exp. N°5

EXP. 5: ESTUDIOS DEFINITIVO "REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TALAVERA-MULACANCHA-TARAMBA-NUEVA ESPERANZA-AP-150-APURIMAC"			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCION	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
TRAMO 01: Talavera- nueva esperanza	63	0.4	3.46
Autos	4		
Station Wagon	22		
Camioneta Pick Up	5		
Panel	2		
Rutal(Combi)	17		
Micro	0		
Omnibus 2E y 3E	0		
Camion 2E	13		
Camion 3E	0		
Camion 4E	0		
Semi trayler	0		
Trayler	0		

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°6: Estudio de preinversión a nivel de perfil para la elaboración del proyecto de mejoramiento de la carretera: Emp. Pe-3s(Concepción)-comas-Emp. Pe-5s(Satipo)/ Emp. Pe-5s (pto. Ocopa)-Atalaya/ Emp. Pe -5s (Dv. Bajo Kimiriki)-Buenos Aires-Pto. Prado- Mazarobeni- Camajeni- Poyeni, por niveles de servicio. Ubicado en los Departamentos de Ucayali y Junín, con la finalidad de determinar el IMD de la carretera.

Tabla N°32: IMD, Tasas Vehiculares y Tasa de PBI según el Exp. N°6

EXP. 6: ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA: EMP. PE-3S(CONCEPCION)-COMAS-EMP. PE-5S(SATIPO)/ EMP. PE-5S(PTO. OCOPA)-ATALAYA/ EMP. PE-5S(DV. BAJO KIMIRIKI)-BUENOS AIRES-PTO. PRADO-MAZAROBENI-CAMAJENI-POYENI, POR NIVELES DE SERVICIO.					
TRÁNSITO VEHICULAR					
DESCRIPCIÓN	IMDa	TASA DE CRECIMIENTO DE AUTOS	TASA DE CRECIMIENTO DE CAMIONETAS	TASA DE CRECIMIENTO BUS	TASA DE CRECIMIENTO PBI
TRAMO 01: Pomamanta-Comas(estacion3 tramo3)	230	3.8	3.7	0.7	4.8
TRAMO 02: Comas-Dv. Andamarca	145				
TRAMO03: Dv. Andamarca-Mariposa	44				
TRAMO 04: Mariposa-Satipo	334				
TRAMO 05: PE-5S(Puerto Ocopa)-Union Junin	150				
TRAMO 06: Union Junin- Atalaya	90				
TRAMO 07: Napati-Buenos Aires	45				
TRAMO 08: Buenos Aires-Emp. PE-5S	1				
TRAMO 09: Emp. PE-5S-Dv. Puerto Prado	278				
TRAMO 10: Dv. Puerto Prado-Puerto Prado	126				
TRAMO 11: Puerto -C.N Santaro	42				

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°7: Estudio definitivo del mejoramiento de la carretera Huánuco - Conococha, sector: Huánuco - La Unión – Huallanca. El proyecto se encuentra en el Departamento de Huánuco, y busca el mejoramiento de todo el tramo mencionado de la carretera.

Tabla N°33: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°7

EXP. N°7: ESTUDIO DEFINITIVO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUANUCO - CONOCOCHA, SECTOR: HUANUCO - LA UNION - HUALLANCA		
TRÁNSITO VEHICULAR		
DESCRIPCIÓN	IMDa	
TRAMO 01: Ocobamba-Dv. Chupan	349	
TRAMO 02: Union-Pachas	285	
DESCRIPCION	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
HUÁNUCO	0.45	1.97

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°8: Estudio definitivo Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Pacobamba- Huironay - Ccerabamba Abra Cusqueña.

Ubicado en Apurímac, busca determinar la demanda en el camino vecinal.

Tabla N°34: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°8

EXP. N°8: Estudio definitivo Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Pacobamba- Huironay Ccerabamba Abra			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCIÓN	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional(zona)	Tasa de crecimiento PBI(Region)
E01	406	1.3	3.2
E02	134	1.3	3.2
E03	57	1.3	3.2

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°9: Estudio de Tráfico de la Carretera: EMP. 3S (Mollepuquio)- Chinchaypujio - Cotabambas - Tambobamba – Chalhuahuacho.

El proyecto ubicado en los Departamentos de Apurímac y Cusco, busca calcular el IMD para el mejoramiento de la carretera.

Tabla N°35: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°9

EXP. N°9: Estudio de Tráfico de la Carretera: EMP. 3S (Mollepuquio)- Chinchaypujio - Cotabambas - Tambobamba - Chalhuahuacho			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCIÓN	IMDa	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento PBI
TRAMO 01: EMP.-3S(Inquilpata)-Mantoclla	181	1.57	4.54
TRAMO 02: Mantoclla-Chinchaypujio	94	1.57	4.54
TRAMO03: Chinchaypujio-Cotabambas	95	1.57	4.54
TRAMO 04: Cotabambas-Tambobamba	75	1.57	4.54
TRAMO 05: Tambobamba-Puente Ichuray	180	1.57	4.54

Fuente: Elaboración Propia.

- Expediente N°10: Mejoramiento de la Red Vial Departamental Moquegua - Arequipa, Tramo M108, Cruz de Flores, Distritos Torata, Omate, Coalaque, Puquina, Límite Departamental Pampa Usuña, Moquegua. Tramo AR 118: Distritos Polobaya ,Pocsi, Mollebaya, Arequipa".

Abarca Arequipa y Moquegua, hace un estudio de tráfico para el mejoramiento de la Red Departamental.

Tabla N°36: IMD, Tasas poblacionales y Tasa de PBI según el Exp. N°10

EXP. N°10: Mejoramiento de la Red Vial Departamental Moquegua - Arequipa, Tramo M108, Cruz de Flores, Distritos Torata, Omate, Coalaque, Puquina, Límite Departamental Pampa Usuña, Moquegua. Tramo AR 118: Distritos Polobaya, Pochi,			
TRÁNSITO VEHICULAR			
DESCRIPCIÓN	IMD	Tasa de crecimiento para vehículos ligeros	Tasa de crecimiento para vehículos pesados
TRAMO 01: Cruce Cruz de Flores-Otora	114	2.9	5.72
TRAMO 02: Otora-Puente el chorro	166	2.9	5.72
TRAMO03: Puente el chorro-Omate	205	2.9	5.72
TRAMO 04: Omate-Puquina	223	2.9	5.72
TRAMO 05: Puquina-Dv. Polobaya	184	2.9	5.72
TRAMO 06: Dv. Polobaya-Mollebaya	221	2.9	5.72
TRAMO 07: Mollebaya-Polobaya	158	2.9	5.72

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.3. Análisis de IMD para cada tramo con Tasas Poblacionales Departamentales, Provinciales y Tasas de PBI según el INEI.

Con los datos obtenidos de los expedientes, utilizando tasas poblacionales y tasas de PBI según la data del INEI, aplicando los diferentes modelos de tasa de crecimiento, se procedió a calcular los IMD futuros según el año de proyección de cada expediente. De acuerdo con cada gráfico se escogió la tasa de crecimiento más confiable. En algunos casos se aplicó una vida útil para cada proyecto de 10 años y en otros de 20 años.

Tabla N°37: Tasas poblacionales Departamentales Provinciales, según el INEI y el PBI

Nº EXPEDIENTE	ESTACIÓN	Tasa de crecimiento según INEI 2007-2017	TASA POBLACION-DEP.	TASA POBLACION-PROV.	TASA PBI
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	-0.8	1.5	-0.80	5.56
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	-0.8	1.5	-0.80	5.56
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	0.2	0.5	-0.0002	2.97
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	0.2	0.5	-0.0002	2.97
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	0.2	0.5	-0.71	2.97
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	0.2	0.5	-0.71	2.97
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	0.2	0.5	-0.75	2.97
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	0.2	0.5	-0.34	2.97
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA	0.2	0.5	-0.62	2.97
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	0.2	0.5	-0.62	2.97
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	0.2	0.5	-0.8	2.97
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	0.2	0.5	-0.38	2.97
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	1.2	1.26	-0.01	1.4
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	-1	0.38	1.26	-2.2
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	-1	0.38	-0.35	-2.2
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	1.2	0.38	-0.35	-2.2
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	-0.6	1.26	-0.001	6.52
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	-0.6	0.32	-0.44	6.52
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.8	1.92	3.13	6.01
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	1.8	1.26	3.13	6.01
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	1.8	0.96	0.4	8.51
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	0.2	0.74	-0.63	3.24
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	0.2	0.74	4.04	3.24
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0.2	0.74	2.59	3.24
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	0.2	0.74	2.59	8.75
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	0.2	0.74	-0.63	8.75
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	1.4	2.08	2.59	4.49
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	1.4	2.08	4.04	4.49
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	0.2	0.74	4.04	8.75
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	1.4	2.08	4.04	8.75
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	1.4	2.08	4.04	4.49
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	0.2	0.73	4.04	8.75
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	0.2	0.74	4.04	8.75
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	1.1	0.32	1.18	6.54
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	1.1	0.5	-3.43	6.54
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	0.4	0.27	0.23	8.51
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	0.4	0.23	0.38	8.51
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	0.4	0.23	0.38	8.51
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	0.3	0.2	0.02	12.31
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	0.3	0.64	0.02	12.31
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	0.3	0.85	0.85	12.31
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	0.4	0.23	0.85	6.93
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	0.4	0.23	0.85	6.93
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	0.8	1.32	1.93	2.21
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	0.8	1.32	0.66	2.21
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	0.8	1.32	-0.98	2.21
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	0.8	1.32	-0.98	2.21
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	1.8	1.92	2.24	7.46
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.8	1.92	2.24	7.46
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	1.8	1.92	2.24	7.46

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3. Presentación de Resultados

A continuación, los resultados recalculados del IMD futuro, con la tasa departamental y la tasa provincial. Porcentaje de vehículos ligeros (V.L) y vehículos pesados (V.P). ESAL futuro Departamental y Provincial. Y, por último, la confiabilidad de cada método de proyección de población.



Tabla N°38: Resultados con IMD futuro, para provincia y/o Departamentos, ESAL futuros y confiabilidad de métodos de proyección de Tránsito.

RESULTADOS													
EXPEDIENTE	ESTACIÓN	IMD FUTURO				V.L.(%)		ESAL FUTURO		CONFIABILIDAD MÉTODOS PROYECCIÓN DE			
		IMD(depar- tamental)	IMD(pro- vincia)	V.L.(%) DPT.	V.P.(%) DPT.	ESAL DEP.	ESAL PROV.	ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	INTERÉS SIMPLE	INTERÉS COMPUESTO		
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374	62.2	37.8	7.07E+6	1.02E+6	0.9980	0.9948	0.998	0.972		
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137	57.91	42.09	9.96E+5	1.17E+6	0.5079	0.5072	0.5302	0.5270		
	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310	64.96	35.04	6.12E+5	5.9E+5	0.0259	0.0260	0.0287	0.0285		
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	177	141	56.16	43.84	3.93E+5	3.95E+5	0.0259	0.0260	0.0287	0.0285		
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	197	186	37.24	62.76	8.47E+5	8.92E+5	0.9747	0.9696	0.9683	0.9696		
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212	39.69	60.31	8.85E+5	8.89E+5	0.9747	0.9696	0.9683	0.9696		
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51	60.5	39.5	9.46E+4	1.47E+5	0.9024	0.9027	0.8945	0.8957		
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185	78.56	21.44	2.02E+5	2.02E+5	0.3117	0.3112	0.3251	0.3203		
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE PISCOBAMBA	207	189	64.6	35.4	2.17E+5	3.10E+5	0.7290	0.7289	0.7300	0.7298		
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182	64.71	35.29	7.19E+5	8.12E+5	0.7290	0.7289	0.7300	0.7298		
2	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186	47.07	52.93	5.82E+5	5.84E+5	0.7056	0.7055	0.7100	0.7087		
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176	73.04	26.96	3.00E+05	3.00E+5	0.9002	0.9003	0.8962	0.8975		
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824	30.71	69.29	7.40E+6	1.31E+7	0.0013	0.0013	0.0027	0.0026		
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326	65.2	34.8	5.01E+5	7.50E+6	0.9873	0.9878	0.9797	0.9760		
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48	81.98	18.02	4.48E+5	1.42E+5	0.1243	0.1237	0.1364	0.1338		
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256	88.54	11.46	1.58E+5	3.6E+5	0.1243	0.1237	0.1364	0.1380		
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304	36.01	63.99	4.59E+6	4.78E+6	0.0013	0.0013	0.0027	0.0026		
3	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313	45.98	54.02	3.54E+6	3.30E+6	0.8115	0.8115	0.8093	0.8095		
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914	11.8	88.2	1.92E+7	1.92E+7	0.9887	0.9896	0.9713	0.9662		
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886	40.58	59.42	5.8E+6	6.27E+6	0.9887	0.9896	0.9713	0.9662		
5	TRAMO 01: TALVERA- NUEVA ESPERANZA	75	73	75.55	24.45	7.17E+5	7.17E+5	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537		
	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252	69.38	30.62	4.14E+5	4.14E+5	0.9940	0.9941	0.9907	0.9914		
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256	28.98	71.02	8.29E+5	8.29E+5	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61	64.89	35.11	0	9.53E+4	0.9724	0.9738	0.9549	0.9487		
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533	46.77	53.23	9.29E+5	9.3E+5	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	201	186	38.5	61.5	5.34E+5	5.34E+5	0.9940	0.9907	0.9941	0.9914		
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121	69.06	30.94	1.73E+5	1.73E+5	0.9724	0.9738	0.9549	0.9487		
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	130	152	85.66	14.34	1.07E+5	1.07E+5	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66	91.26	8.74	1.45E+4	10000	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2	2	0	100	2.16E+4	1.65E+4	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	357	413	77.92	22.08	3.88E+5	4.05E+5	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERTO PRADO	149	192	66.56	33.44	1.66E+5	1.67E+5	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
6	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66	48.85	51.15	6.12E+4	9.78E+4	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678		
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428	55.8	44.2	4.28E+6	2.21E+6	0.9920	0.9923	0.9859	0.9828		
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290	53.9	46.1	5.80E+6	3.64E+6	0.9466	0.9430	0.9848	0.9828		
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79	53.38	46.62	4.77E+5	4.77E+5	0.8758	0.8761	0.8749	0.8666		
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66	54.87	45.13	5.51E+5	4.81E+5	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537		
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32	52.89	47.11	2.44E+5	2.44E+5	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537		
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324	13.29	86.71	1.95E+6	1.95E+6	0.0013	0.0013	0.0011	0.0013		
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJO	216	213	5.98	94.02	1.8E+6	1.8E+6	0.0013	0.0013	0.0011	0.0013		
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJO-COTABAMBAS	183	184	9.51	90.49	1.36E+6	1.36E+6	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851		
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114	19.92	80.08	5.61E+5	5.61E+5	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851		
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236	45.16	54.84	6.05E+5	6.01E+5	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851		
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170	62.79	37.21	8.28E+5	8.89E+5	0.9856	0.9848	0.9893	0.9921		
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222	51.29	48.71	1.34E+6	1.34E+6	0.9882	0.9884	0.9843	0.9811		
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201	76.26	23.74	1.00E+6	1.00E+6	0.2884	0.2866	0.3465	0.3441		
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247	78.57	21.43	1.1E+6	1.09E+5	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655		
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450	40.26	59.74	6.52E+6	6.52E+6	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655		
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584	32.64	67.36	1.05E+7	1.05E+7	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655		
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320	60.61	39.39	3.31E+6	3.31E+6	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655		

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.4 Análisis de Resultados

A continuación, procedemos a presentar la clasificación por demanda según los distintos Manuales para Caminos de Bajo Volumen, tomando el IMD futuro provincial para una precisa clasificación. Posteriormente, presentamos la clasificación según su EAL.

### 5.4.1. Modelos de Proyección de Tránsito

Se estudiaron distintos modelos de Proyección de tránsito para saber la tasa de crecimiento, ya sea Departamental o Provincial. Se estudiaron cuatro modelos: Modelo aritmético, modelo geométrico, método interés simple e interés compuesto. Se escogió el modelo más preciso para poder notar la incidencia de la tasa de crecimiento en la gestión vial.

Tabla N°39: Confiabilidad de Modelos de Proyección de Tránsito

CONFIABILIDAD					
EXPEDIENTE	ESTACION	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO INTERÉS SIMPLE	MÉTODO INTERÉS COMPUESTO
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	0.9980	0.9948	0.998	0.972
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	0.5079	0.5072	0.5302	0.5270
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	0.0259	0.0260	0.0287	0.0285
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	0.0259	0.0260	0.0287	0.0285
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	0.9747	0.9696	0.9683	0.9696
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	0.9747	0.9696	0.9683	0.9696
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	0.9024	0.9027	0.8945	0.8957
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	0.3117	0.3112	0.3251	0.3203
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA	0.7290	0.7289	0.7300	0.7298
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	0.7290	0.7289	0.7300	0.7298
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	0.7056	0.7055	0.7100	0.7087
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	0.9002	0.9003	0.8962	0.8975
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	0.0013	0.0013	0.0027	0.0026
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	0.9873	0.9878	0.9797	0.9760
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	0.1243	0.1237	0.1364	0.1338
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	0.1243	0.1237	0.1364	0.1380
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	0.0013	0.0013	0.0027	0.0026
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	0.8115	0.8115	0.8093	0.8095
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	0.9887	0.9896	0.9713	0.9662
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	0.9887	0.9896	0.9713	0.9662
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	0.9940	0.9941	0.9907	0.9914
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0.9724	0.9738	0.9549	0.9487
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	0.9940	0.9907	0.9941	0.9914
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	0.9724	0.9738	0.9549	0.9487
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	0.8922	0.8968	0.8799	0.8678
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	0.9920	0.9923	0.9859	0.9828
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	0.9466	0.9430	0.9848	0.9828
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	0.8758	0.8761	0.8749	0.8666
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	0.7596	0.7604	0.7645	0.7537
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	0.0013	0.0013	0.0011	0.0013
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	0.0013	0.0013	0.0011	0.0013
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	0.9779	0.9776	0.9839	0.9851
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	0.9856	0.9848	0.9893	0.9921
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	0.9882	0.9884	0.9843	0.9811
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	0.2884	0.2866	0.3465	0.3441
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	0.9855	0.9848	0.9960	0.9655

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la Tabla N° 39, podemos apreciar que tenemos una mayor confiabilidad en el modelo utilizando el Método de Interés Simple, para la mayoría de los tramos de los 10 expedientes estudiados. A continuación, mediante un gráfico circular demostramos que en este método se encuentra la mayor confiabilidad.

METODO ARITMETICO	2
METODO GEOMETRICO	20
METODO INTERES SIMPLE	25
METODO INTERES COMPUESTO	3

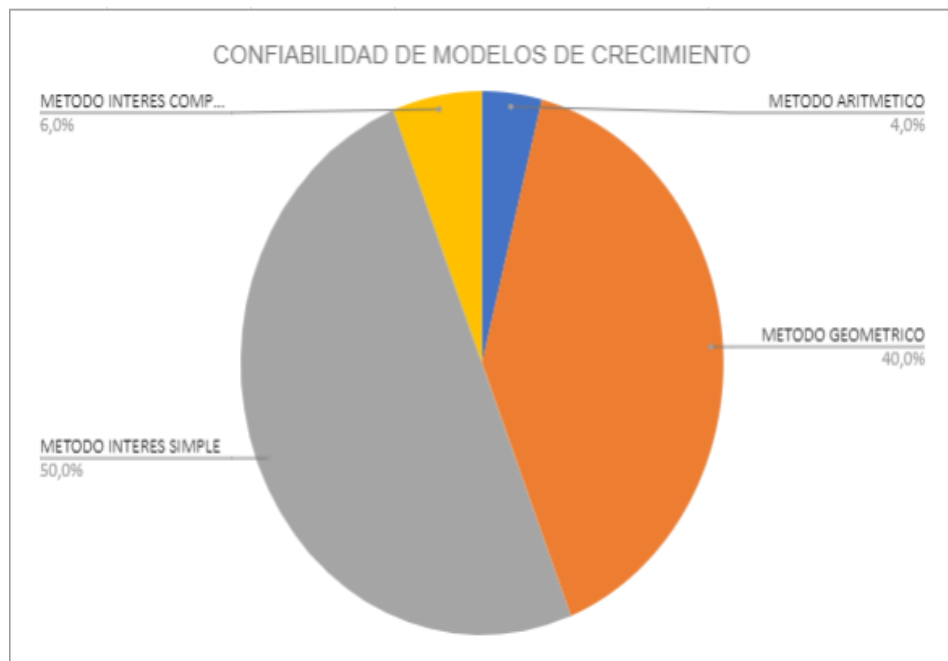


Figura N°9: Confiabilidad de Modelos estudiados

Fuente: Elaboración Propia.

El manual de suelos y pavimentos del MTC emplea la fórmula del método geométrico que se ubica en nuestro gráfico ubicado en el segundo lugar según nuestros expedientes teniendo un 40%, pero el modelo más confiable es el método de interés simple con un 50% según la muestra analizada obteniendo un valor más alto de 0.998 la cual es muy cercano a 1.

#### 5.4.2. Clasificación por Demanda según las Normas para Caminos de bajo Volumen

- Según Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978: la mayoría de nuestro IMD futuro se ubicaría fuera de la clasificación, de Caminos de Bajo Volumen, le sigue en segundo lugar de su clasificación en Caminos Vecinales CV-1 y, en tercer lugar, Caminos Vecinales CV-2.

Tabla N°40: Clasificación por IMD según la Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978

Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978							
EXPEDIENTE	ESTACION	IMD(departamental)	IMD(provincia)	TROCHAS CARROZABLES	CAMINOS CV-3	CAMINOS CV-2	CAMINOS CV-1
				IMD INDEFINIDO	IMD < 30	30 < IMD < 100	100 < IMD < 200
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374				
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137				X
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310				
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	177	141				X
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	197	186				X
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212				
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51			X	
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185				X
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE	207	189				X
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182				X
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186				X
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176				X
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824				
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326				
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48			X	
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256				
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304				
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313				
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914				
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886				
5	TRAMO 01: TALVERA-NEUEA ESPERANZA	75	73			X	
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252				
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256				
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61			X	
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533				
	TRAMO 05: PE-SS- UNION JUNIN	201	186				X
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121				X
	TRAMO 07: PE-SS-NAPATI	130	152				X
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66			X	
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-SS	2	2			X	
	TRAMO 10: EMP. PE-SS- DV. PUERTO PRADO	357	413				
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192				X
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66			X	
	7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428			
TRAMO 02: UNION- PACHAS		429	290				
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79			X	
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66			X	
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32			X	
9	TRAMO 01: EMP. SS-MANTOCLLA	332	324				
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213				
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184				X
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114				X
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236				
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170				X
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222				
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201				
	TRAMO 04: OIMATE-PUQUINA	342	247				
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450				
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584				
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320				

Fuente: Elaboración Propia.

Según la clasificación por IMD de las Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978 se obtiene un 50% de la muestra total que se encuentran entre los rangos de menor o igual a 200 vehículos diario.

- Según Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo-Volumen (TMD < 400) - AASHTO 2001: teniendo la mayoría de su clasificación en el rango de 100 – 250 vehículos diarios con su IMD futuro.

Tabla N°41: Clasificación por IMD según el Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo Volumen AASHTO

Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo-Volumen (TMD < 400) - AASHTO 2001						
Nº EXPEDIENTE	ESTACION	IMD(departamental)	IMD(provincia)	0-100 VEHICULOS DIARIOS	100-250 VEHICULOS DIARIOS	250-400 VEHICULOS DIARIOS
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374			X
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137		X	
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310			X
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	177	141		X	
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	197	186		X	
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212		X	
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51	X		
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185		X	
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE PISCOBAMBA	207	189		X	
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182		X	
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186		X	
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176		X	
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824			
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326			X
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48	X		
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256			X
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304			X
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313			X
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914			
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886			
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	75	73	X		
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252			X
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256			X
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61	X		
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533			
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	201	186		X	
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121		X	
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	130	152		X	
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66	X		
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2	2	X		
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	357	413			X
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192		X	
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66	X		
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428			
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290			X
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79	X		
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66	X		
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32	X		
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324			X
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213		X	
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184		X	
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114		X	
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236		X	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170		X	
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222		X	
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201		X	
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247			X
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450			
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584			
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320			X

Fuente: Elaboración Propia.



Según el diseño geométrico de caminos locales de muy bajo volumen se obtiene un mayor porcentaje de vehículos que se encuentra dentro del rango de 0 a 400 vehículos diarios, entonces se tiene tres rangos de tránsito según la norma AASHTO-2001.

Según Manual de Carreteras DG -2001: Contando con la mayor parte de su clasificación en Caminos Vecinales <200 vehículos por día, de Carreteras de tercera clase.

Tabla N°42: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras DG 2001

MANUAL DE CARRETERAS DG 2001					
EXPEDIENTE	ESTACION	IMD(departamental)	IMD(provincia)	CARRETERAS DE 3RA. CLASE	
				IMDA < 400 veh/día	VECINAL IMDA < 200 veh/día
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374	X	
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137		X
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310	X	
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	177	141		X
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	197	186		X
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212	X	
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51		X
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185		X
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE DISCOBAMBA	207	189		X
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182		X
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186		X
TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176		X	
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824		
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326	X	
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48		X
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256	X	
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304	X	
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313	X	
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914		
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886		
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	75	73		
		0	0		X
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252	X	
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256	X	
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61		X
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533		
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	201	186		X
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121		X
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	130	152		X
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66		X
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2	2		X
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	357	413		
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192		X
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66		X
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428		
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290	X	
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79		X
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66		X
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32		X
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324	X	
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213	X	
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184		X
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114		X
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236	X	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170		X
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222	X	
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201	X	
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247	X	
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450		
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584		
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320	X	

Fuente: Elaboración Propia.

- Según Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito – 2008: con la mayoría de su clasificación de IMD futuro fuera de los Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, seguido del rango de 101 a 200 vehículos por día.

Tabla N°43: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito 2008

MANUAL DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO - 2008								
EXPEDIENTE	ESTACION	IMD(departamental)	IMD(provincia)	101<IMD<200	51<IMD<100	16<IMD<50	IMD<15	IMD INDEFINIDO
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374					
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137	X				
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310					
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUARACHIRI	177	141	X				
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUARACHIRI-DV. CORONGO	197	186	X				
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212					
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51		X			
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185	X				
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE PISCOBAMBA	207	189	X				
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182	X				
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186	X				
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176	X				
3	TRAMO 01: OYON-ICHUHACUA	894	824					
	TRAMO 02: ICHUHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326					
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48			X		
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256					
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304					
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313					
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914					
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886					
5	TRAMO 01: TALVERA-NEVA ESPERANZA	75	73		X			
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252					
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256					
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61		X			
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533					
	TRAMO 05: PE-SS- UNION JUNIN	201	186	X				
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121	X				
	TRAMO 07: PE-SS-NAPATI	130	152	X				
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66		X			
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-SS	2	2				X	
	TRAMO 10: EMP. PE-SS- DV. PUERTO PRADO	357	413					
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192	X				
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66		X			
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428					
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290					
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79		X			
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66		X			
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32			X		
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324					
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213					
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184	X				
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114	X				
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236					
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170	X				
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222					
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201					
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247					
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450					
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584					
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320					

Fuente: Elaboración Propia.

Según el manual de carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito se obtiene un 50% de vehículos que se encuentra dentro del rango de 0 a 200 vehículos diarios, entonces se tiene 4 rangos de tránsito y un IMD indefinido.

- Según Manual de Carreteras DG -2014: Contando con su clasificación en su mayoría como Trocha Carrozable.

Tabla N°44: Clasificación por IMD según el Manual de Carreteras DG 2014

MANUAL DE CARRETERAS DG 2014					
EXPEDIENTE	ESTACION	IMD(departament ental)	IMD(provincia)	CARRETERAS DE 3RA. CLASE IMDA < 400 veh/día	TROCHAS CARROZABLES IMDA < 200 veh/día
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374	X	
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137		X
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310	X	
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUARACHIRI	177	141		X
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUARACHIRI-DV. CORONGO	197	186		X
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212	X	
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51		X
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185		X
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE	207	189		X
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182		X
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186		X
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176		X
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824		
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326	X	
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48		X
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256	X	
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304	X	
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313	X	
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914		
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886		
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	75	73		X
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252	X	
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256	X	
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61		X
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533		
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	201	186		X
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121		X
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	130	152		X
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66		X
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2	2		X
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	357	413		
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192		X
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66		X
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428		
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290	X	
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79		X
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66		X
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32		X
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324	X	
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213	X	
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184		X
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114		X
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236	X	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170		X
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222	X	
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201	X	
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247	X	
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450		
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584		
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320	X	

Fuente: Elaboración Propia.

Podemos concluir que en la aplicación de diferentes manuales o normas conforme han existido en nuestro país desde las Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978 hasta la última norma la DG-2014, podemos calificarlas carreteras de 3era clase o trochas carrozables con un IMD menor a 400 veh/día o 200 veh/día; en la cual calificarlas como trocha carrozable, se dejaría a criterio del técnico correspondiente al tema o se podría interpretar que deberían de cumplir los estándares de diseño geométricos mínimos.

- 5.4.3. Clasificación por EAL, según las Normas para Caminos de bajo Volumen. Según AASHTO 1993 – Carretera de Superficie Agregada: Según Aashto 1993, el EAL futuro para Carreteras de Superficies Agregada, no entran en la clasificación dada en su mayoría.

Tabla N°45: Clasificación por EAL según el Manual de AASHTO 1993(Superficie Agregada)

AASHTO 1993 -EAL						
EXPEDIENTE	ESTACION	DEP.	PROV.	TRAFICO ALTO 60,000-100,000	TRAFICO MEDIANO 30,000-60,000	TRAFICO BAJO 10,000-30,000
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	7.07E+6	1.02E+6			
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	9.96E+5	1.17E+6			
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	6.12E+5	5.9E+5			
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUARACHIRI	3.93E+5	3.95E+5			
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUARACHIRI-DV. CORONGO	8.47E+5	8.92E+5			
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	8.85E+5	8.89E+5			
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	9.46E+4	1.47E+5			
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAN	2.02E+5	2.02E+5			
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA	2.17E+5	3.10E+5			
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNG	7.19E+5	8.12E+5			
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	5.82E+5	5.84E+5			
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	3.00E+05	3.00E+05			
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	7.40E+6	1.31E+7			
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	5.01E+5	7.50E+6			
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	4.48E+5	1.42E+5			
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	1.58E+5	3.6E+5			
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	4.59E+6	4.78E+6			
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	3.54E+6	3.30E+6			
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.92E+7	1.92E+7			
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	5.8E+6	6.27E+6			
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	7.17E+5	7.17E+5			
		0	0			
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	4.14E+5	4.14E+5			
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	8.29E+5	8.29E+5			
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0	9.53E+4	X		
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	9.29E+5	9.3E+5			
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	5.34E+5	5.34E+5			
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	1.73E+5	1.73E+5			
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	1.07E+5	1.07E+5			
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	1.45E+4	1.00E+04			X
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2.16E+4	1.65E+4			X
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	3.88E+5	4.05E+5			
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	1.66E+5	1.67E+5			
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	6.12E+4	9.78E+4	X		
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	4.28E+6	2.21E+6			
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	5.80E+6	3.64E+6			
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	4.77E+5	4.77E+5			
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	5.51E+5	4.81E+5			
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	2.44E+5	2.44E+5			
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	1.95E+6	1.95E+6			
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	1.8E+6	1.8E+6			
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	1.36E+6	1.36E+6			
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	5.61E+5	5.61E+5			
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	6.05E+5	6.01E+5			
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	8.28E+5	8.89E+5			
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	1.34E+6	1.34E+6			
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	1.00E+6	1.00E+6			
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	1.1E+6	1.09E+5			
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	6.52E+6	6.52E+6			
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.05E+7	1.05E+7			
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	3.31E+6	3.31E+6			

Fuente: Elaboración Propia.



- Según AASHTO 1993 – Pavimento Flexible: Según Aashto 1993, para pavimentos flexibles, según nuestros expedientes tenemos una clasificación de tránsito bajo, medio y alto, como podemos apreciar en la siguiente tabla

Tabla N°46: Clasificación por EAL según el Manual de AASHTO 1993 (Pavimento Flexible)

AASHTO -93-PAVIMENTO FLEXIBLE						
EXPEDIENTE	ESTACION	EAL FUTURO-DEP.	EAL FUTURO-PROV.	TRANSITO BAJO 50,000-300,000	TRANSITO MEDIO 400,000-600,000	TRANSITO ALTO 700,000-1,000,000
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	7.07E+6	1.02E+6			
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	9.96E+5	1.17E+6			
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	6.12E+5	5.9E+5		X	
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	3.93E+5	3.95E+5	X		
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	8.47E+5	8.92E+5			X
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	8.85E+5	8.89E+5			X
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	9.46E+4	1.47E+5	X		
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	2.02E+5	2.02E+5	X		
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE	2.17E+5	3.10E+5	X		
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	7.19E+5	8.12E+5			X
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	5.82E+5	5.84E+5		X	
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	3.00E+05	3.00E+05	X		
3	TRAMO 01: OYON-ICHUHACUA	7.40E+6	1.31E+7			
	TRAMO 02: ICHUHACUA-DV. CERRO DE PASCO	5.01E+5	7.50E+6			
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	4.48E+5	1.42E+5	X		
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	1.58E+5	3.6E+5	X		
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	4.59E+6	4.78E+6			
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	3.54E+6	3.30E+6			
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.92E+7	1.92E+7			
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	5.8E+6	6.27E+6			
5	TRAMO 01: TALVERA-NEUVA ESPERANZA	7.17E+5	7.17E+5			X
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	4.14E+5	4.14E+5		X	
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	8.29E+5	8.29E+5			X
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0	9.53E+4	X		
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	9.29E+5	9.3E+5			X
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	5.34E+5	5.34E+5		X	
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	1.73E+5	1.73E+5	X		
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	1.07E+5	1.07E+5	X		
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	1.45E+4	1.00E+04			
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2.16E+4	1.65E+4			
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	3.88E+5	4.05E+5		X	
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	1.66E+5	1.67E+5	X		
	TRAMO 12: PUERTO PRADO-C.N SANTARO	6.12E+4	9.78E+4	X		
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	4.28E+6	2.21E+6			
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	5.80E+6	3.64E+6			
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	4.77E+5	4.77E+5		X	
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	5.51E+5	4.81E+5		X	
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	2.44E+5	2.44E+5	X		
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	1.95E+6	1.95E+6			
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	1.8E+6	1.8E+6			
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	1.36E+6	1.36E+6			
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	5.61E+5	5.61E+5		X	
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	6.05E+5	6.01E+5		X	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	8.28E+5	8.89E+5			X
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	1.34E+6	1.34E+6			
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	1.00E+6	1.00E+6			
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	1.1E+6	1.09E+5			
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	6.52E+6	6.52E+6			
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.05E+7	1.05E+7			
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	3.31E+6	3.31E+6			

Fuente: Elaboración Propia.

- Según Manual de Pavimentos y Suelos del MTC – Pavimentos Flexibles: Según el MTC en su Manual de Pavimentos y Suelos para los EAL futuros, tenemos Tp1, Tp2, Tp3, y Tp4. Teniendo para nuestros expedientes, como mayor clasificación Tp2.

Tabla N°47: Clasificación por EAL según el Manual de Pavimentos y Suelos  
(Pavimento Flexible)

MANUAL DE PAVIMENTOS Y SUELOS MTC-PAVIMENTOS FLEXIBLES							
EXPEDIENTE	ESTACIÓN	EAL FUTURO- DEP.	EAL FUTURO- PROV.	TP1	TP2	TP3	TP4
				150,000 - 300,000	300,000 - 500,000	500,000-750,000	750,000-1,000,000
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	7.07E+6	1.02E+6				
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	9.96E+5	1.17E+6				
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	6.12E+5	5.9E+5			X	
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	3.93E+5	3.95E+5		X		
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	8.47E+5	8.92E+5				X
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	8.85E+5	8.89E+5				X
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	9.46E+4	1.47E+5				
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	2.02E+5	2.02E+5	X			
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE	2.17E+5	3.10E+5	X			
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	7.19E+5	8.12E+5				X
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	5.82E+5	5.84E+5			X	
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	3.00E+05	3.00E+05		X		
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	7.40E+6	1.31E+7				
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	5.01E+5	7.50E+6				
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	4.48E+5	1.42E+5				
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	1.58E+5	3.6E+5		X		
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	4.59E+6	4.78E+6				
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	3.54E+6	3.30E+6				
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.92E+7	1.92E+7				
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	5.8E+6	6.27E+6				
5	TRAMO 01: TALVERA-NEUEVA ESPERANZA	7.17E+5	7.17E+5			X	
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	4.14E+5	4.14E+5		X		
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	8.29E+5	8.29E+5				X
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0	9.53E+4				
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	9.29E+5	9.3E+5				X
	TRAMO 05: PE-SS- UNION JUNIN	5.34E+5	5.34E+5			X	
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	1.73E+5	1.73E+5				
	TRAMO 07: PE-SS-NAPATI	1.07E+5	1.07E+5				
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	1.45E+4	1.00E+04				
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-SS	2.16E+4	1.65E+4				
	TRAMO 10: EMP. PE-SS- DV. PUERTO PRADO	3.88E+5	4.05E+5		X		
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	1.66E+5	1.67E+5				
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	6.12E+4	9.78E+4				
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	4.28E+6	2.21E+6				
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	5.80E+6	3.64E+6				
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	4.77E+5	4.77E+5		X		
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	5.51E+5	4.81E+5		X		
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	2.44E+5	2.44E+5	X			
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	1.95E+6	1.95E+6				
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	1.8E+6	1.8E+6				
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	1.36E+6	1.36E+6				
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	5.61E+5	5.61E+5			X	
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	6.05E+5	6.01E+5			X	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	8.28E+5	8.89E+5				X
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	1.34E+6	1.34E+6				
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	1.00E+6	1.00E+6				
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	1.1E+6	1.09E+5				
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	6.52E+6	6.52E+6				
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.05E+7	1.05E+7				
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	3.31E+6	3.31E+6				

Fuente: Elaboración Propia.

Colocaremos un cuadro resumen teniendo los datos de las tasas de crecimiento departamental y provincial; los IMD departamental y provincial; y por último el EAL departamental y provincial, para poder tener un análisis de la incidencia en cuanto a la geometría y pavimentos.

Tabla N°48: Cuadro resumen según departamento y provincia

Nº EXPEDIENTE	ESTACIÓN	TASA DEP.	TASA PROV.	IMD DEP.	IMD PROV.	EAL DEP.	EAL PROV.
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	1.5	-0.80	700	374	7.07E+6	1.02E+6
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	1.5	-0.80	182	137	9.96E+5	1.17E+6
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	0.5	-0.0002	380	310	6.12E+5	5.9E+5
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUARACHIRI	0.5	-0.0002	177	141	3.93E+5	3.95E+5
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUARACHIRI-DV. CORONGO	0.5	-0.71	197	186	8.47E+5	8.92E+5
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	0.5	-0.71	225	212	8.85E+5	8.89E+5
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	0.5	-0.75	55	51	9.46E+4	1.47E+5
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	0.5	-0.34	199	185	2.02E+5	2.02E+5
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA	0.5	-0.62	207	189	2.17E+5	3.10E+5
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	0.5	-0.62	198	182	7.19E+5	8.12E+5
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	0.5	-0.8	201	186	5.82E+5	5.84E+5
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	0.5	-0.38	189	176	3.00E+05	3.00E+05
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	1.26	-0.01	894	824	7.40E+6	1.31E+7
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	0.38	1.26	344	326	5.01E+5	7.50E+6
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	0.38	-0.35	54	48	4.48E+5	1.42E+5
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	0.38	-0.35	289	256	1.58E+5	3.6E+5
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	1.26	-0.001	334	304	4.59E+6	4.78E+6
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	0.32	-0.44	338	313	3.54E+6	3.30E+6
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.92	3.13	883	914	1.92E+7	1.92E+7
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	1.26	3.13	747	886	5.8E+6	6.27E+6
5	TRAMO 01: TALVERA-NUEVA ESPERANZA	0.96	0.4	75	73	7.17E+5	7.17E+5
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	0.74	-0.63	263	252	4.14E+5	4.14E+5
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	0.74	4.04	215	256	8.29E+5	8.29E+5
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0.74	2.59	60	61	0	9.53E+4
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	0.74	2.59	427	533	9.29E+5	9.3E+5
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	0.74	-0.63	201	186	5.34E+5	5.34E+5
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	2.08	2.59	117	121	1.73E+5	1.73E+5
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	2.08	4.04	130	152	1.07E+5	1.07E+5
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	0.74	4.04	49	66	1.45E+4	1.00E+04
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2.08	4.04	2	2	2.16E+4	1.65E+4
	TRAMO 10: EMP. PE-5S. DV. PUERTO PRADO	2.08	4.04	357	413	3.88E+5	4.05E+5
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	0.73	4.04	149	192	1.66E+5	1.67E+5
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	0.74	4.04	53	66	6.12E+4	9.78E+4
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	0.32	1.18	500	428	4.28E+6	2.21E+6
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	0.5	-3.43	429	290	5.80E+6	3.64E+6
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	0.27	0.23	80	79	4.77E+5	4.77E+5
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	0.23	0.38	65	66	5.51E+5	4.81E+5
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	0.23	0.38	32	32	2.44E+5	2.44E+5
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	0.2	0.02	332	324	1.95E+6	1.95E+6
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	0.64	0.02	216	213	1.8E+6	1.8E+6
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	0.85	0.85	183	184	1.36E+6	1.36E+6
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	0.23	0.85	111	114	5.61E+5	5.61E+5
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	0.23	0.85	226	236	6.05E+5	6.01E+5
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	1.32	1.93	159	170	8.28E+5	8.89E+5
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	1.32	0.66	236	222	1.34E+6	1.34E+6
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	1.32	-0.98	275	201	1.00E+6	1.00E+6
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	1.32	-0.98	342	247	1.1E+6	1.09E+5
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	1.92	2.24	439	450	6.52E+6	6.52E+6
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.92	2.24	573	584	1.05E+7	1.05E+7
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	1.92	2.24	308	320	3.31E+6	3.31E+6

Fuente: Elaboración Propia.

Trabajaremos con IMD menor o igual a 400 vehículos diarios por lo cual colocaremos en color rojo los IMD provincial mayores a 400 vehículos diarios porque tenemos que trabajar exclusivamente para carreteras de bajo volumen.

Según la tabla anterior se observa que según el diseño geométrico sus IMD departamental y provincial muy cercano, es decir según los rangos de diseño geométrico de caminos locales de muy bajo volumen (TMD<400)-AASHTO dentro de los mismos rangos entre 0-100 vehículos diarios, 100-250 vehículos diarios y 250-400 vehículos diarios, menos en el expediente 10 en el tramo 04: Omate-Puquina en la cual si variara el tipo de tránsito según los vehículos diarios que pasan por la carretera. En el manual de carreteras DG-2014 observamos que también se encuentran entre los mismos rangos de carretera de 3era clase y trochas carrozables.

Podemos concluir que según nuestro cuadro existe una diferencia entre nuestro IMD y EAL según sea departamental y provincial, pero se mantienen dentro de los rangos de clasificación es decir no hay mucha diferencia para nuestro diseño geométrico y diseño de pavimentos según provincia y departamento, entonces se podría sugerir en los casos tengamos una tasa de crecimiento negativa podríamos considerar un crecimiento cero en la cual se mantendría el tránsito actual con el futuro a diseñar.

## 5.5 Contrastación de Hipótesis:

### 5.5.1 Hipótesis específica 1

Hipótesis alterna (Ha): Analizando los rangos de tránsito se podrá determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

Hipótesis nula (Ho): Analizando los rangos de tránsito no se podrá determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

- ❖ De acuerdo con el capítulo 5.3 se determinó el IMD futuro con las tasas de crecimiento tanto Departamentales como Provinciales. Con nuestros resultados pudimos definir dentro de qué rangos de tránsito se encontraban los diferentes expedientes estudiados para cada Manual y/o Libro escogido para la clasificación y diseño geométrico.
- ❖ De acuerdo con el capítulo 5.3 en la Tabla de Resultados, con nuestros Ejes equivalentes se clasificaron los distintos rangos de tránsito según AASHTO 1993 y el Manual de Suelos y Pavimentos del MTC para el diseño de pavimentos.
- ❖ Podemos comparar los IMD futuros dados en nuestros expedientes, con los IMD futuros recalculados, tomando en cuenta la tasa provincial real, determinando que para un diseño geométrico es posible que varíe si la comparamos tomando la tasa de crecimiento departamental.
- ❖ Por lo tanto, se valida la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

#### 5.5.2 Hipótesis específica 2

Hipótesis alterna ( $H_a$ ): Estudiando los modelos de proyección de tránsito se logrará determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): Estudiando los modelos de proyección de tránsito no se logrará determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

- ❖ Con los diferentes modelos estudiados, se ha expresado en la Tabla N°40, qué modelos han tenido mayor confiabilidad para cada tramo de los 10 expedientes estudiados. teniendo para cada modelo una tasa de crecimiento, tomando data de poblaciones tanto Departamentales como Provinciales del INEI.
- ❖ Según las tasas dadas para cada expediente, comparadas a las tasas obtenidas por nuestros modelos estudiados podemos concluir que muchas veces se toman las tasas de crecimiento Departamentales para no tratar de

afectar a proyecciones de tránsito alterando así la información y en muchos casos sobredimensionando el Diseño ya sea geométrico y/o de pavimento de una vía en estudio.

- ❖ Se valida la hipótesis alterna, se rechaza la hipótesis nula.

### 5.5.3 Hipótesis específica 3

Hipótesis alterna (Ha): Determinando los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo se podrá establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

Hipótesis nula (Ho): Determinando los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo no se podrá establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los Caminos de Bajo Volumen.

- ❖ Después de determinar los modelos para la proyección de tránsito, el Modelo de Interés Simple con su valor más alto de ‘0.998’, el más cercano a 1, es el más confiable en la mayoría de los tramos de los 10 expedientes frente a los otros modelos. Por esto, concluimos que el modelo elegido para las proyecciones de tránsito es el más preciso con respecto al resto de métodos.

- ❖ Con este modelo aplicado a los distintos tramos de los 10 expedientes, se logró calcular las distintas tasas de crecimiento, tanto Departamentales como Provinciales, para poder hallar nuestros IMD futuros de una forma más precisa y saber la incidencia que causan estas tasas en la gestión vial.

- ❖ Para las tasas de crecimiento negativo su incidencia es mínima, por lo cual se recomienda considerar crecimiento cero, y así se podrá mantener dentro del rango para el diseño geométrico y de pavimentos en caso a considerar la tasa de crecimiento departamental, sería lo mismo.

- ❖ Se valida la hipótesis alterna, se rechaza la hipótesis nula.



#### 5.5.4 Hipótesis Principal

Hipótesis Principal alterna ( $H_a$ ): Si relacionamos la tasa de crecimiento negativa con la gestión vial, se podrá saber la incidencia que esta causa para poder tener una proyección precisa en los estudios de Caminos de Bajo Volumen en el Perú.

Hipótesis Principal nula ( $H_0$ ): Si relacionamos la tasa de crecimiento negativa con la gestión vial, se podrá saber la incidencia que esta causa para poder tener una proyección precisa en los estudios de Caminos de Bajo Volumen en el Perú.

❖ Después de determinar las tasas de crecimiento para cada expediente nos hemos dado cuenta que tiene una diferencia en algunos casos con una gran cantidad de vehículos por día, en otros casos con una pequeña diferencia de vehículos por día. Por esto concluimos que existe una incidencia en la gestión vial ya que al mayor número de vehículos diarios existirá una mayor clasificación de carretera y en el caso donde tengamos una tasa de crecimiento negativa variará en un futuro su clasificación de carretera siendo menor o mayor.

❖ Al usar la tasa de crecimiento provincial podremos obtener una proyección precisa en los estudios de Caminos de Bajo Volumen y así poder observar una incidencia en su gestión vial por la clasificación de carretera.

❖ La tasa de crecimiento negativa incide en la gestión vial ya que en los expedientes estudiados han colocado tasas de crecimiento departamental en la cual no existe tasas negativas, entonces el tránsito futuro será mayor o menor en el caso de que provincia pertenece, pero su clasificación no cambiará así sea departamental o provincial.

❖ Sugerimos usar el tránsito de vehículos actuales como vehículos futuros por la tasa de crecimiento negativo en la población.

❖ Se valida la hipótesis alterna, se rechaza la hipótesis nula.

## CONCLUSIONES

1. La incidencia de la tasa de crecimiento negativa para nuestra gestión vial en los caminos de bajo volumen sería mínima ya que existirá una pequeña variación entre los números de vehículos y ejes equivalentes, pero no variará entre nuestros rangos de clasificación según diseño geométrico y diseño de pavimentos, para lo cual hemos usado manuales de carreteras nacionales e internacionales como el de AASHTO, en las cuales hemos estudiado los vehículos menores o igual a 400 vehículos diarios.
2. El modelo de tasa de crecimiento empleado en el Perú es el modelo geométrico, que se valida, ya que en nuestro caso ocupa el segundo lugar en confiabilidad con un R igual a 0.995, siendo primero el modelo de tasa de crecimiento de interés simple con un R igual a 0.998. El modelo elegido en nuestro caso es el de interés simple, en la cual determinamos que existe una incidencia en el diseño geométrico y diseño d pavimentos, pero no es tan considerable en los caminos de bajo volumen.
3. Analizando los rangos de tránsito podemos determinar que existe una incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen, pero se mantienen dentro de los rangos de clasificación, es decir la diferencia entre IMD y EAL departamental y provincial no tienen una diferencia considerable para poder obtener otra clasificación, como se observa en la tabla N°49 y 50.

Tabla N°49: Comparación del IMD del expediente con los IMD futuros  
Departamentales y Provinciales

EXPEDIENTE	ESTACIÓN	IMD(departamental)	IMD(provincia)	IMD(expediente futuro)
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	700	374	1055
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	182	137	327
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	380	310	385
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	177	141	181
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	197	186	243
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	225	212	275
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	55	51	63
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	199	185	231
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA URBANA DE	207	189	237
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	198	182	222
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	201	186	233
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	189	176	227
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	894	824	0
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	344	326	0
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	54	48	0
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	289	256	0
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	334	304	0
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	338	313	0
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	883	914	0
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	747	886	0
5	TRAMO 01: TALVERA- NUEVA ESPERANZA	75	73	79
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	263	252	319
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	215	256	201
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	60	61	63
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	427	533	461
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	201	186	224
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	117	121	133
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	130	152	151
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	49	66	67
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2	2	0
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	357	413	412
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	149	192	184
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	53	66	63
7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	500	428	0
	TRAMO 02: UNION- PACHAS	429	290	0
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	80	79	75
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	65	66	93
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	32	32	28
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	332	324	513
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	216	213	277
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	183	184	281
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	111	114	219
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	226	236	501
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	159	170	267
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	236	222	408
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	275	201	457
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	342	247	502
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	439	450	419
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	573	584	557
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	308	320	328

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°50: Comparación del EAL del expediente con los EAL futuros

Departamentales y Provinciales

EXPEDIENTE	ESTACIÓN	EAL(DEP.)	EAL(PROV.)	EAL(expediente futuro)
1	TRAMO 01: CHECA-DV. JULI	7.07E+6	1.02E+6	3.74E+06
	TRAMO 02: DV. JULI-MAZOCRUZ	9.96E+5	1.17E+6	2.62E+06
2	TRAMO 01: MOLINOPAMPA-HUALLANCA	6.12E+5	5.9E+5	8.78E+05
	TRAMO 02: HUALLANCA-DV. PUENTE HUAROCHIRI	3.93E+5	3.95E+5	2.67E+05
	TRAMO 03: DV. PUENTE HUAROCHIRI-DV. CORONGO	8.47E+5	8.92E+5	4.89E+05
	TRAMO 04: DV. CORONGO-DV. PASACANCHA	8.85E+5	8.89E+5	5.16E+05
	TRAMO 05: DV. PASACANCHA-ANDAYMAYO	9.46E+4	1.47E+5	1.34E+05
	TRAMO 06: ANDAYMAYO-ZONA URBANA DE POMABAMBA	2.02E+5	2.02E+5	1.85E+05
	TRAMO 07: ZONA URBANA DE POMABAMBA-ZONA	2.17E+5	3.10E+5	3.41E+05
	TRAMO 08: ZONA URBANA DE PISCOBAMBA-DV. YUNGAY	7.19E+5	8.12E+5	3.45E+05
	TRAMO 09: DV. YUNGAY-ZONA URBANA DE SAN LUIS	5.82E+5	5.84E+5	5.97E+05
	TRAMO 10 Y 11: SAN LUIS-HUAMOPARAN-HUARI	3.00E+05	3.00E+05	3.65E+05
3	TRAMO 01: OYON-ICHUCHACUA	7.40E+6	1.31E+7	
	TRAMO 02: ICHUCHACUA-DV. CERRO DE PASCO	5.01E+5	7.50E+6	
	TRAMO 03: DV. CERRO DE PASCO-YANAHUANCA	4.48E+5	1.42E+5	
	TRAMO 04: YANAHUANCA-USPACHACA	1.58E+5	3.6E+5	
	TRAMO 05: USPACHACA-PARCOY	4.59E+6	4.78E+6	
	TRAMO 06: PARCOY-CAYNAS	3.54E+6	3.30E+6	
4	TRAMO 01: EL PUENTE CHUYO	1.92E+7	1.92E+7	2.07E+06
	TRAMO 02: SALIDA DE YAURI	5.8E+6	6.27E+6	
5	TRAMO 01: TALVERA-NEUEVA ESPERANZA			
		7.17E+5	7.17E+5	
6	TRAMO 01: POMAMANTA-COMAS	4.14E+5	4.14E+5	2.98E+05
	TRAMO 02: COMAS-DV. ANDAMARCA	8.29E+5	8.29E+5	2.61E+05
	TRAMO 03: DV. ANDAMARCA- MARIPOSA	0	9.53E+4	1.58E+05
	TRAMO 04: MARIPOSA-SATIPO	9.29E+5	9.3E+5	5.83E+05
	TRAMO 05: PE-5S- UNION JUNIN	5.34E+5	5.34E+5	5.38E+05
	TRAMO 06: UNION JUNIN-ATALAYA	1.73E+5	1.73E+5	3.62E+05
	TRAMO 07: PE-5S-NAPATI	1.07E+5	1.07E+5	2.24E+05
	TRAMO 08: NAPATI-BUENOS AIRES	1.45E+4	1.00E+04	1.40E+04
	TRAMO 09: BUENOS AIRES-EMP. PE-5S	2.16E+4	1.65E+4	1.40E+04
	TRAMO 10: EMP. PE-5S- DV. PUERTO PRADO	3.88E+5	4.05E+5	9.18E+05
	TRAMO 11: DV. PUERTO PRADO-PUERO PRADO	1.66E+5	1.67E+5	2.44E+05
	TRAMO 12: PUERTO-C.N SANTARO	6.12E+4	9.78E+4	2.04E+05
	7	TRAMO 01: OCOBAMBA-DV. CHUPAN	4.28E+6	2.21E+6
TRAMO 02: UNION- PACHAS		5.80E+6	3.64E+6	
8	TRAMO01: ESTACION POCOBAMBA	4.77E+5	4.77E+5	4.65E+04
	TRAMO 02: ESTACION DESVIO CRUZ PAMPA	5.51E+5	4.81E+5	8.45E+03
	TRAMO 03: ESTACION HUIRONAY	2.44E+5	2.44E+5	2.88E+04
9	TRAMO 01: EMP. 3S-MANTOCLLA	1.95E+6	1.95E+6	
	TRAMO 02: MANTOCLLA-CHINCHAYPUJIO	1.8E+6	1.8E+6	
	TRAMO 03: CHINCHAYPUJIO-COTABAMBAS	1.36E+6	1.36E+6	
	TRAMO 04: COTABAMBAS-TAMBOBAMBA	5.61E+5	5.61E+5	
	TRAMO 05: TAMBOBAMBA-PUENTE ICHURAY	6.05E+5	6.01E+5	
10	TRAMO 01: CRUCE CRUZ DE FLORES-OTORA	8.28E+5	8.89E+5	
	TRAMO 02: OTORA-PUENTE EL CHORRO	1.34E+6	1.34E+6	
	TRAMO 03: PUENTE EL CHORO-OMATE	1.00E+6	1.00E+6	
	TRAMO 04: OMATE-PUQUINA	1.1E+6	1.09E+5	
	TRAMO 05: PUQUINA-DV. POLOBAYA	6.52E+6	6.52E+6	
	TRAMO 06: DV. POLOBAYA-MOLLEBAYA	1.05E+7	1.05E+7	
	TRAMO 07: MOLLEBAYA-POLOBAYA	3.31E+6	3.31E+6	

Fuente: Elaboración Propia.

4. Al analizar los casos de tasa de crecimiento negativo, se sugiere establecer una tasa sin crecimiento en la cual se podrá mantener el tránsito actual como el tránsito futuro en vehículos ligeros y así podemos tener una incidencia en el diseño geométrico y pavimentos ya que los vehículos ligeros se mantendrán a raíz de tener una tasa de crecimiento negativa, en caso contrario al usar la tasa departamental se observa que solo hay tasas de crecimiento positivo.
5. De los 10 expedientes estudiados con un total de 50 tramos no hemos podido estudiar algunos tramos porque nuestros rangos de estudios eran de 400 vehículos diarios y hemos encontrado un tránsito futuro mayor a ello.
6. Concluimos que en AASHTO 1993 en carreteras de superficie agregada no podríamos utilizar este rango porque en el tránsito futuro proyectado solo usamos el 8%, es decir 4 tramos de 50.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar investigando la validación del modelo de interés simple y geométrico para caminos de bajo volumen, para aplicación en la normativa del Perú.
2. A pesar de tener conocimiento que el presente trabajo de investigación se realizaría en forma no presencial y se tenía que ser teórico no se tuvo previsto las limitaciones de no contar con datos realizados por nosotros mismos ya que en muchos casos se ve que contiene poca información en expedientes que realizar el estudio nosotros mismos.
3. Se recomienda para futuras investigaciones tener dominio del idioma inglés ya que las normativas y los artículos como otras tesis que contiene gran información se encuentran en este idioma lo que hace más tedioso el trabajo y puede inducir al error.
4. Para la recolección de información se recomienda usar fuentes seguras ya que hay demasiada información falsa en la red lo que entorpece la investigación.
5. Es de mucha importancia hacer una buena traducción ya que esto puede inducir al error en la redacción de la tesis como conteniendo palabras técnicas que el traductor Google no lo hace correctamente, o también con los nombres que pueden tener significado en español, pero no es el correcto.
6. También estudiar los libros en inglés ya que, por experiencia entre un libro traducido al español y un libro en inglés, hay mucha información que se pierde al traducirlo, como tablas en las cuales hemos podido obtener del libro de AASHTO 1993 en inglés y no en el traducido al español del libro de AASHTO 1993.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (2001). *Guías para el Diseño Geométrico de Caminos Locales de Muy Bajo-Volumen (TMD $\leq$ 400) 2001.*
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (1993). *Guías para el Diseño de Pavimentos Estructurales 1993.*
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (2011). *Libro Verde Aashto 2011.*
- Avelino, L. y Farinango, A. (2018). *Plataforma tecnológica para contribuir a la planeación urbana en la ciudad de Guayaquil dirigido a la transportación, aplicando modelos para proyectar el comportamiento del tráfico vehicular basado en datos históricos.* Universidad de Guayaquil.
- Díaz, L. (2009). *Análisis vial de tránsito de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña al nuevo terrapuerto de Piura, (tesis de grado).* Universidad de Piura.
- Fustamante, F. (2019). *Estructuración del método de cálculo del IMD aplicado al proyecto de Av. Sanchez Cerro (tesis de grado).* Universidad de Piura.
- Fuster, V. (2019). *Análisis del estudio de tráfico del tramo 0+000 Km (San Juan Pampa – Yanacancha) a 24+000 Km (Salcachupan - Pallanchacra) según la norma MTC, Provincia y Región de Pasco - 2019.* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. Cerro de pasco.
- González, J. (2018). *Lineamiento para la elaboración de estudios de tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia.* Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- Kraemer C., Pardillo J., Rocci, S. Romana M., Sánchez V., Del Val M. (2003). *Ingeniería de Carreteras*.
- Llumiluisa, C.(2017). *Diseño geométrico preliminar de la avenida ferroviaria hasta el terminal terrestre de la ciudad de Machala año 2017*. Universidad técnica de Machala.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (1978). *Normas Técnicas para el Diseño de Caminos Vecinales 1978*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG 2001*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Manual para el Diseño de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG 2014*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Suelos y Pavimentos*.
- Montejo Fonseca A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*.



Paccuri, E. y Llanos, S. (2020). *Estudio de Tráfico de la Avenida Sánchez Carrión cuadra 13, distrito El Porvenir - 2019*. Universidad Privada de Trujillo.

Resolución Ministerial 904-2017 MTC/01.02 de 2017. *Guía metodológica para la elaboración de planes viales provinciales participativos-PVPP*. 11 de Septiembre del 2017. No. 904.

Roman, W. y Saldaña, A. (2018). *Propuesta De Parámetros De Diseño Geométrico Para Trochas Carrozables En La Norma Dg – 2018 A Fin De Optimizar Costos*. Universidad Ricardo Palma.

## ANEXOS

Anexo 1: Tabla N°51: Matriz de Consistencia

TEMA: "¿QUÉ HACER CON LAS PROVINCIAS QUE TIENEN TASA DE CRECIMIENTO NEGATIVO, Y LA INCIDENCIA EN LA GESTIÓN VIAL?"											
TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA		
<b>INCIDENCIA EN LA GESTIÓN VIAL DE UNA POBLACIÓN CON TASA DE CRECIMIENTO NEGATIVA</b>	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	V. INDEPENDIENTE					Método de Investigación:		
	¿En qué medida la tasa de crecimiento negativa incide en la gestión vial provincial?	Establecer la incidencia de la tasa de crecimiento negativa para la gestión vial en los caminos de bajo volumen.	Si relacionamos la tasa de crecimiento negativa con la gestión vial, se podrá saber la incidencia que esta causa para poder tener una proyección precisa en los estudios de caminos de bajo volumen en el Perú.	TASA DE CRECIMIENTO	POBLACIÓN	PORCENTAJE	%	CENSO POBLACIONAL INEI 2017	Método:	Deductivo	
					PBI	PORCENTAJE	%	INEI	Orientación:	Aplicada	
										Enfoque:	Cualitativo
										Recolección de Datos:	Retrolectivo
										Tipo de Investigación:	
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. DEPENDIENTE						Descriptivo - Correlacional	
	PE1. ¿Cuáles son los modelos de proyección de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?	OE1. Estudiar los modelos de proyección de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	HE1. Estudiando los modelos de proyección de tránsito se logrará determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	GESTIÓN VIAL	Modelos de proyección de tráfico	Modelo Aritmético		V/día	PBI	PBII per capita	Nivel de Investigación:
						Modelo Geométrico					
										Descriptivo	
									Modelo de interés simple		
									Modelo de interés compuesto		
PE2. ¿Cuáles son los rangos de tránsito para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?	OE2. Analizar los rangos de tráfico para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	HE2. Analizando los rangos de tránsito se podrá determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	GESTIÓN VIAL	IMD	Vehículos por día		V/día	ESTUDIO DE TRÁFICO	Diseño de Investigación		
									Observacional, retrospectivo, transversal.		
									Población		
									Toda la información a base de los distintos expedientes estudiados		
PE3. ¿Qué modelo se debe aplicar en los casos de tasa de crecimiento negativo para determinar la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen?	OE3. Determinar los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo para establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	HE3. Determinando los modelos que se aplican en caso de crecimiento negativo se podrá establecer la incidencia en el diseño geométrico y diseño de pavimentos en los caminos de bajo volumen.	GESTIÓN VIAL	Diseño de pavimentos	Ejes equivalentes		EAL	Perfiles de Carreteras	Expedientes técnicos	Muestra:	
					Espesor de pavimento						centímetro
									El diseño muestral está comprendido en la información obtenida según los expedientes técnicos estudiados.		

Fuente: Elaboración Propia.