

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



**PROPUESTA DE TIPO DE VEHÍCULO CARACTERÍSTICO Y SU  
RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS DE DISEÑO  
GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTOS EN CAMINOS DE BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO**

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

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HUAMÁN ROMÁN, IVAN ALEXSANDER**

**Bach. SUNCION SAAVEDRA, CARLA CAROLINA**

**ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY, VICTOR ELEUTERIO**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Denia y Simón, por la confianza que me han brindado y enseñarme que con trabajo arduo se pueden cumplir las metas propuestas; a mis hermanos, por los consejos y el apoyo incondicional.

Este logro es posible gracias a ustedes.

**Huamán Román, Ivan Alexander**

Papás, esto por y para ustedes por haberme enseñado a luchar por mis metas; a mi hermana Nataly por apoyarme y motivarme cuando no tenía más fuerzas, a mi hermano Paolo porque a pesar de la distancia siempre está con nosotros. Familia, lo hemos logrado.

**Suncion Saavedra, Carla Carolina**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento a nuestra universidad, por todos los años que nos acogieron en sus aulas para brindarnos el conocimiento que hoy ponemos en práctica y que seguiremos adquiriendo en nuestra vida profesional; a nuestro asesor de tesis el Mg. Ing. Victor Arévalo Lay, por su compromiso, por la información brindada y por su experiencia profesional durante todo el proceso de la investigación. A nuestra coordinadora Ing. Jackeline Escobar Serrano y a nuestro metodólogo Ing. Wilder Rodríguez, por la orientación para el correcto desarrollo de la presente tesis.

**Huamán Ivan – Suncion Carla.**

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	xiv
ABSTRAC .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos.....	3
1.2. Objetivo general y específico .....	8
1.2.1. Objetivo General .....	8
1.2.2. Objetivo Específico .....	8
1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática .....	8
1.3.1. Espacial .....	8
1.3.2. Temporal .....	8
1.3.3. Temática .....	8
1.4. Justificación e importancia .....	8
1.4.1. Importancia.....	8
1.4.2. Justificación Teórica .....	9
1.4.3. Justificación Metodológica .....	9
1.4.4. Justificación Práctica.....	9
1.4.5. Justificación Social.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes del estudio de la investigación .....	10
2.1.1. Investigaciones Internacionales.....	14
2.1.2. Investigaciones Nacionales .....	15
2.2. Base Teóricas .....	17
2.2.1. Tasa de crecimiento poblacional .....	20
2.2.2. Producto bruto interno.....	32
2.2.3. Tipos de tránsito .....	41
2.2.4. Selección de Sitios de Conteo .....	42
2.2.5. Frecuencia de Conteos de Tráfico .....	43
2.2.6. Volumen de tránsito .....	45
2.2.7. Clasificación de vehículos.....	47
2.2.8. Diseño geométrico.....	65
2.2.9. Clasificación de transitabilidad .....	73

2.2.10. Tráfico y diseño de Pavimentos .....	73
2.2.11. Ejes equivalentes de carga .....	73
2.3. Definición de términos básicos .....	83
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>84</b>
3.1. Hipótesis.....	84
3.1.1. Hipótesis principal.....	84
3.1.2. Hipótesis secundarias .....	84
3.2. Variables.....	84
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	84
3.2.2. Operacionalización de las variables .....	84
<b>CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>86</b>
4.1. Tipo y nivel de investigación .....	86
4.2. Diseño de investigación.....	86
4.3. Población y muestra .....	86
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	86
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos.....	86
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	86
4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos.....	87
4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información .....	87
<b>CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>88</b>
5.1. Diagnóstico y situación actual.....	88
5.1.1. Ubicación y geografía .....	90
5.1.2. Clima.....	104
5.1.3. Actividad económica.....	109
5.2. Evaluación de expedientes técnicos .....	114
5.2.1. Clasificación vehicular – Vehículo característico.....	126
5.2.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI.....	134
5.2.3. Factor camión.....	139
5.3. Presentación de resultados.....	142
5.3.1. Vehículo característico.....	142
5.3.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI.....	146
5.3.3. Factor camión.....	162
5.4. Análisis de Resultados.....	189

5.4.1. Tipo de vehículo característico .....	189
5.4.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI:.....	193
5.4.3. Factor Camión .....	199
5.5. Contratación de hipótesis y discusión de resultados.....	203
5.5.1. Contratación de hipótesis.....	203
5.5.2. Discusión de resultados .....	206
CONCLUSIONES .....	207
RECOMENDACIONES.....	209
BIBLIOGRAFÍA .....	210
ANEXOS .....	215
Anexo 1: Expediente técnico N° 1.....	215
Anexo 2: Expediente técnico N° 2.....	216
Anexo 3: Expediente técnico N° 3.....	217
Anexo 4: Expediente técnico N° 4.....	218
Anexo 5: Expediente técnico N° 5.....	219
Anexo 6: Expediente técnico N° 6.....	220
Anexo 7: Expediente técnico N° 7.....	221
Anexo 8: Expediente técnico N° 8.....	222
Anexo 9: Expediente técnico N° 9.....	223
Anexo 10: Expediente técnico N° 10.....	224
Anexo 11: Expediente técnico N° 11 .....	225
Anexo 12: Expediente técnico N° 12.....	226
Anexo 13: Expediente técnico N° 13.....	227
Anexo 14: Expediente técnico N° 14.....	228
Anexo 15: Expediente técnico N° 15.....	229
Anexo 16: Factor Camión del Manual de AASHTO.....	230
Anexo 17: Pesos de ejes por vehículo del Manual de Austroads .....	231
Anexo 18: Factor Camión del Manual de Colombia .....	232
Anexo 19: Factor Camión del Manual de Brasil .....	233
Anexo 20: Factor Camión del Manual de South Africa .....	234
Anexo 21: Factor Camión del Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito.....	235
Anexo 22: Tasa de crecimiento poblacional para el año 2017. ....	236
Anexo23: Tasa de crecimiento poblacional para el año 2017 .....	237

Anexo 24: Plan intermodal de transportes del Perú 2005 – 2025.....	238
Anexo 25: Tipos de tráfico según el número de ejes equivalentes.....	239
Anexo 26: CBR según el tipo de Subrasante.....	240
Anexo 27: Ecuación para el diseño de la estructura de pavimento.....	241
Anexo 28: Ecuación para determinar el módulo de resiliencia.....	242
Anexo 29: Nivel de confiabilidad de acuerdo al tipo de tráfico.....	243
Anexo 30: Valores de Nivel de Confiabilidad según el tipo de tráfico.....	244
Anexo 31: Coeficiente de desviación Estándar Normal según el tipo de tráfico.....	245
Anexo 32: Índice de serviciabilidad Inicial (Pi), según el tipo de tráfico.....	246
Anexo 33: Índice de serviciabilidad Final (Pt), según el tipo de tráfico.....	247
Anexo 34: Número Estructural Requerido (SNR).....	248
Anexo 35: Coeficientes estructurales de las Capas de Pavimento.....	249
Anexo 36: Matriz de Consistencia.....	250

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Factor Camión según el Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito.....	3
Tabla N° 2: Factor Camión según manuales internacionales .....	6
Tabla N° 3: Perú: Tasa global de fecundidad, según departamento, 2010-2025.....	21
Tabla N° 4: Perú: Tasa de mortalidad infantil, según departamento, 1995-2010.....	23
Tabla N° 5: Perú: Tasa de mortalidad infantil, según departamento, 2010-2025.....	24
Tabla N° 6: Perú: Esperanza de vida al nacer, según departamento, 2010 – 2025.....	26
Tabla N° 7: Perú, Proyección del saldo total migratorio, según departamento, 2010 – 2025 .....	27
Tabla N° 8: Perú, población estimada y proyectada y tasa de crecimiento anual, según departamento, 1995 – 2025.....	28
Tabla N° 9: Tasa de crecimiento de la población por departamento .....	30
Tabla N° 10: Niveles de Tránsito .....	31
Tabla N° 11: Tasas promedio de crecimiento del tránsito.....	32
Tabla N° 12: Estructura del método de producción.....	33
Tabla N° 13: Tránsito y periodo .....	46
Tabla N° 14: Tipos de autobuses .....	49
Tabla N° 15: Tipos de camiones.....	49
Tabla N° 16: Tipos de tractocamion .....	50
Tabla N° 17: Tipos de Tractocamión Semirremolque .....	50
Tabla N° 18: Clasificación de vehículos según Austroads .....	52
Tabla N° 19: Clasificación Vehicular según el Manual de Brasil .....	54
Tabla N° 20: Clasificación vehicular según el Manual de diseño de Pavimentos Asfálticos para vías de Bajo Volúmenes de Tránsito .....	60
Tabla N° 21: Clasificación Vehicular Según el Manual DG-2018.....	61
Tabla N° 22: Dimensiones de Vehículos de Diseño.....	70
Tabla N° 23: Velocidades mínimas de diseño para carreteras rurales locales.....	72
Tabla N° 24: Factor Camión según Aashto .....	74
Tabla N° 25: Pesos por eje de los vehículos.....	75
Tabla N° 26: Rango de valores de FC según Austroads.....	76
Tabla N° 27: Valores de Factor Camión según Manual de Brasil.....	76
Tabla N° 28: Valores de Factor Camión según Manual de Colombia.....	77

Tabla N° 29: Valores de Factor Camión según Manual de South Africa.....	77
Tabla N° 30: Factor Camión según el Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito.....	78
Tabla N° 31: Configuración de Ejes .....	78
Tabla N° 32: Representación de ejes equivalentes .....	80
Tabla N° 33: Factor de distribución dirección y carril .....	81
Tabla N° 34: Valores de Factor Carril .....	82
Tabla N° 35: Valores de factor carril según el número de carriles.....	82
Tabla N° 36: Operacionalización de variables independientes. ....	85
Tabla N° 37: Operacionalización de variables dependientes.....	85
Tabla N° 38: Longitud de Infraestructura vial, según jerarquía y superficie de rodadura .....	88
Tabla N° 39: Expedientes técnicos seleccionados.....	115
Tabla N° 40: Indicadores Macroeconómicos.....	134
Tabla N° 41: Factor Camión por cada expediente técnico .....	139
Tabla N° 42: Resumen del Índice Medio Diario Anual.....	142
Tabla N° 43: Comparativo de valores de Factor Camión.....	162
Tabla N° 44: Comparación de FC respecto al vehículo pesado .....	176
Tabla N° 45: Cálculo de EAL según Expediente Técnico.....	177
Tabla N° 46: Cálculo de EAL según Manual de Aashto .....	178
Tabla N° 47: Cálculo de EAL según Manual de Austroads .....	178
Tabla N° 48: Cálculo de EAL según Manual de Colombia.....	179
Tabla N° 49: Cálculo de EAL según Manual de South Africa.....	179
Tabla N° 50: Cálculo de EAL según Manual Pavimentado de Bajo volumen de Tránsito .....	180
Tabla N° 51: Cuadro resumen de EAL según cada Manual .....	180
Tabla N° 52: Datos para cálculo de Número Estructural según expediente técnico.. ..	182
Tabla N° 53: Coeficiente estructurales según el expediente técnico .....	182
Tabla N° 54: Espesores por cada capa.....	183
Tabla N° 55: Datos para cálculo de Número Estructural según Manual de Aashto.....	183
Tabla N° 56: Coeficientes estructurales para el Manual de Aashto .....	184
Tabla N° 57: Espesores por cada capa.....	184
Tabla N° 58: Datos para cálculo de Número Estructural según Austroads .....	184
Tabla N° 59: Coeficientes estructurales.....	185

Tabla N° 60: Espesores de Pavimento .....	185
Tabla N° 61: Datos para cálculo de Número Estructural según South Africa.....	186
Tabla N° 62: Coeficientes Estructurales .....	186
Tabla N° 63: Espesores de capas del pavimento .....	187
Tabla N° 64: Datos para cálculo de Número Estructural según CPBVT .....	187
Tabla N° 65: Coeficiente Estructural.....	188
Tabla N° 66: Espesores del Pavimento.....	188
Tabla N° 67: Espesores por cada tipo de Manual.....	188

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Primeros caminos de Chile .....	11
Figura N° 2: Qhapac Ñam .....	11
Figura N° 3: Camino reales de Colombia.....	12
Figura N° 4: Primera autopista en Italia, 1921 .....	13
Figura N° 5: Alemania, 1935 primera autopista .....	13
Figura N° 6: Conteo Manual utilizando hoja de conteo impreso en papel. ....	18
Figura N° 7: Variación de Flujo Máximo de Tráfico .....	44
Figura N° 8: Variaciones Diarias de Flujo de Tráfico .....	44
Figura N° 9: Situaciones según lugar de conteo .....	46
Figura N° 10: Clasificación de vehiculos (F.H.W.A).....	48
Figura N° 11: Diagrama de Categorías Vehiculares.....	48
Figura N° 12: Clasificación según USACE.....	51
Figura N° 13: Vehículos dominantes en cada clase de Austroads.....	53
Figura N° 14: Elementos de una calzada .....	67
Figura N° 15: Pendiente transversal en curvas .....	69
Figura N° 16: Mapa Político de Piura.....	90
Figura N° 17: Mapa del departamento de Apurímac .....	91
Figura N° 18: Mapa del departamento de Ancash.....	92
Figura N° 19: Mapa político de Ayacucho .....	93
Figura N° 20: Mapa político del departamento de Junín .....	94
Figura N° 21: Mapa político del departamento de Pasco .....	95
Figura N° 22: Mapa político del departamento de Huancavelica.....	96
Figura N° 23: Mapa del departamento de Ucayali .....	97
Figura N° 24: Mapa político de Moquegua .....	98
Figura N° 25: Mapa político de Tacna.....	99
Figura N° 26: Mapa del departamento de Cajamarca.....	100
Figura N° 27: Mapa político de Lambayeque.....	101
Figura N° 28: Mapa del departamento de La Libertad .....	102
Figura N° 29: Mapa del departamento de San Martín .....	103
Figura N° 30: Mapa político del departamento de Huánuco .....	104
Figura N° 31: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°1 .....	126
Figura N° 32: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°2.....	127

Figura N° 33: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°3 .....	127
Figura N° 34: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°4 .....	128
Figura N° 35: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°5 .....	128
Figura N° 36: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°6 .....	129
Figura N° 37: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°7 .....	129
Figura N° 38: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°8 .....	130
Figura N° 39: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°9 .....	130
Figura N° 40: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°10 .....	131
Figura N° 41: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°11 .....	131
Figura N° 42: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°12 .....	132
Figura N° 43: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°13 .....	132
Figura N° 44: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°14 .....	133
Figura N° 45: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°15 .....	133
Figura N° 46: Clasificación vehicular total menor de 200 veh/día anualmente .....	144
Figura N° 47: Clasificación vehicular total mayor a 200 veh/día anualmente ... ..	145
Figura N° 48: Clasificación de vehículos .....	146
Figura N° 49: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°1 .....	147
Figura N° 50: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°2 .....	147
Figura N° 51: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°3 .....	148
Figura N° 52: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°4 .....	148
Figura N° 53: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°5 .....	149
Figura N° 54: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°6 .....	149
Figura N° 55: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°7 .....	150
Figura N° 56: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°8 .....	150
Figura N° 57: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°9 .....	151
Figura N° 58: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°10 .....	151
Figura N° 59: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°11 .....	152
Figura N° 60: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°12 .....	152
Figura N° 61: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°13 .....	153
Figura N° 62: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°14 .....	153
Figura N° 63: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°15 .....	154
Figura N° 64: Producto Bruto Interno - Expediente N°1 .....	154
Figura N° 65: Producto Bruto Interno - Expediente N°2 .....	155
Figura N° 66: Producto Bruto Interno - Expediente N°3 .....	155

Figura N° 67: Producto Bruto Interno - Expediente N°4 .....	156
Figura N° 68: Producto Bruto Interno - Expediente N°5 .....	156
Figura N° 69: Producto Bruto Interno - Expediente N°6 .....	157
Figura N° 70: Producto Bruto Interno - Expediente N°7 .....	157
Figura N° 71: Producto Bruto Interno - Expediente N°8 .....	158
Figura N° 72: Producto Bruto Interno - Expediente N°9 .....	158
Figura N° 73: Producto Bruto Interno - Expediente N°10 .....	159
Figura N° 74: Producto Bruto Interno - Expediente N°11 .....	159
Figura N° 75: Producto Bruto Interno - Expediente N°12 .....	160
Figura N° 76: Producto Bruto Interno - Expediente N° 13 .....	160
Figura N° 77: Producto Bruto Interno - Expediente N°14 .....	161
Figura N° 78: Producto Bruto Interno - Expediente N°15 .....	161
Figura N° 79: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 1 .....	169
Figura N° 80: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 2 .....	169
Figura N° 81: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 3 .....	170
Figura N° 82: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 4 .....	170
Figura N° 83: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 5 .....	171
Figura N° 84: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 6 .....	171
Figura N° 85: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 7 .....	172
Figura N° 86: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 8 .....	172
Figura N° 87: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 9 .....	173
Figura N° 88: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 10 .....	173
Figura N° 89: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 11 .....	174
Figura N° 90: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 13 .....	174
Figura N° 91: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 14 .....	175
Figura N° 92: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 15 .....	175
Figura N° 93: FC para Camión 2E.....	176

## **RESUMEN**

La presente tesis “Propuesta de tipo de vehículo característico y su relación con los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito” tuvo como característica ser una investigación descriptiva más no experimental; donde su objetivo principal fue la determinación del vehículo característico, para ello se analizó la influencia de los indicadores macroeconómicos, como la tasas de crecimiento poblacional y el producto bruto interno, en la proyección de tráfico además del factor camión en caminos de bajo volumen de tránsito. Para el desarrollo de la investigación se recopilaron expedientes técnicos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para de esa manera saber cuál es el vehículo característico en caminos de bajo volumen de tránsito. Asimismo, se compararon manuales nacionales e internacional con respecto a su clasificación vehicular y sus consideraciones para determinar el factor camión y qué tanto se asemejan al manual de Perú. Finalmente, se propuso al camión de dos ejes como el vehículo característico para los caminos de bajo volumen de tránsito con un factor camión de 2.75.

**Palabras Claves:** Vehículo, tráfico, tasa de crecimiento y factor camión

## **ABSTRAC**

The present thesis "Proposal of a characteristic vehicle type and its relationship with geometric and pavement design parameters on low-volume roads" had the characteristic of being a non-experimental, descriptive research; where its main objective was the determination of the characteristic vehicle. For this purpose, the influence of macroeconomic indicators, such as population growth rates and gross domestic product, on the traffic projection in addition to the truck factor on low-volume roads was analyzed. For the development of the investigation, technical files were gathered from the Ministry of Transportation and Communication, in order to determine which is the characteristic vehicle on low-volume roads. Likewise, national and international manuals were compared with respect to their vehicle classification and its considerations to determine the truck factor and how closely they are to the Peruvian manual. Finally, the two-axle truck was proposed as the characteristic vehicle for low-volume roads with a truck factor of 2.75.

**Keywords:** Vehicle, traffic, growth rate and truck factor

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación está referida a determinar cuál es el vehículo característico en los caminos de bajo volumen de tránsito, teniendo en cuenta principalmente la clasificación vehicular; del mismo modo se evaluará el comportamiento de las tasas de crecimiento tanto poblacional como del producto bruto interno además de las consideraciones del factor camión en proyectos nacionales, considerando a los manuales internacionales de caminos de bajo volumen de tránsito de países como Estados Unidos, Australia, Colombia, Brasil, SudAfrica, con la finalidad de compararlo con la normativa nacional.

En el capítulo I, se enfoca en el planteamiento del problema general y específicos, donde se centra la búsqueda del vehículo característico en caminos de bajo volumen de tránsito, la influencia de las tasas de crecimiento y la comparativa del factor camión con otros manuales, finalmente la delimitación y justificación de la investigación.

En el capítulo II, se encuentran las investigaciones realizadas al tema de estudio en la que se recopila información bibliográfica de paper, informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática, libros, tesis relacionadas para los antecedentes de la investigación, manuales nacionales como el Manual de diseño geométrico DG-2018, Manual para el diseño pavimentado de caminos de bajo volumen de tránsito, Manual de carreteras, Suelos y Pavimentos – 2014 y manuales internacionales como lo son el Aashto, austroads, Usace, South Africa, Manual de Colombia y Manual de trafico de Brasil.

En el capítulo III, se realiza la formulación de la hipótesis tanto general como específica, así como también se muestra las definiciones conceptuales de las variables y la operacionalización de estas.

En el capítulo IV, se explica la metodología de la investigación, siendo esta de tipo descriptiva más no experimental, la muestra en estudio, el procedimiento de la recolección de datos (expedientes técnicos) y las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo V, se presenta la evaluación, el resultado y los análisis de la investigación. Empezando por un diagnóstico de la problemática actual, viendo de qué manera esta afecta al desarrollo de los proyectos y describiendo las zonas donde se está realizando el estudio. De acuerdo a los resultados se puede ver la propuesta del vehículo característico, así como también las tendencias de las tasas de crecimiento y del factor camión. Luego

de ello se muestra un análisis con la interpretación de los gráficos realizados que responden a los problemas específicos.

En el capítulo VI, consiste sobre la contrastación de hipótesis, en la cual se ve si se aprueba o rechaza las hipótesis planteadas tanto general como específicas que se desarrolla en base al análisis mostrado en el capítulo anterior, además incluye la discusión de resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

A nivel nacional según el Centro de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio, el 84% de las vías de la red vial nacional son de caminos de bajo volumen de tránsito sin pavimentar y en la actualidad se cuenta con un manual de carreteras DG-2018 que nos ha brindado el MTC, en las que nos muestra técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, sin embargo, no se toma en cuenta el diseño para trochas carrozables, las cuales tienen un IMDA menor a 200 vehículos por día, es decir que actualmente la mayoría de proyectos viales no cuentan con parámetros adecuados para un correcto diseño a nivel geométrico ni de pavimentos, lo cual repercutirá en el presupuesto de los proyectos. También de acuerdo a un estudio de tráfico del instituto vial provincial Ayabaca para el proyecto Congoli-Nogal, nos muestra que el vehículo pesado es el C2E y el factor daño del vehículo pesado es de 3.477, y de acuerdo al manual de geotecnia, suelos y pavimentos (2014) nos da a entender que este vehículo siempre se encontrará en su máxima carga y esto repercutirá en el sobredimensionamiento del pavimento y a raíz de ello un presupuesto elevado.

Este es un problema que ha venido radicando desde la aparición del manual de carreteras DG-2001, en la que no se consideraba el diseño para trochas carrozables, por la cual después de unos años se elaboró el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de bajo volumen de tránsito y el Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito en sus versiones 2005 y 2008 en la que nos brindaba algunas especificaciones de diseño para esta clase de vías, luego de unos años se creó el Manual de diseño geométrico DG-2013 dejando sin vigencia los manuales para caminos de bajo volumen de tránsito, y luego la aparición de la actualización del manual con el DG-2018; En este nuevo manual tampoco consideraban normas de diseño. De acuerdo con el Manual de caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito considera los siguientes valores de factor camión. (ver tabla N°1)

Tabla N° 1: Factor Camión según el Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito

CLASE DE VEHÍCULO	EJE EQUIVALENTE (EE8.2 TN)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850

<b>CLASE DE VEHÍCULO</b>	<b>EJE EQUIVALENTE (EE8.2 TN)</b>
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

Fuente: Manual para el diseño de carreteras pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2008, p.121

Este problema abarca a nivel nacional e internacional en los caminos vecinales, caminos de herraduras, ya que como país no somos los únicos que no poseemos un manual vigente para los caminos de bajo volumen de tránsito, en el caso particular de Perú viene sucediendo en la región Sierra en los departamentos de Ancash que de acuerdo al expediente “Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca – Piura” consideran al Camión 2E con un factor camión de 3.477, en la que se diseña asumiendo que los vehículos viajarán en su máxima capacidad, lo cual en muchas ocasiones no se asemeja a la realidad.

Se han realizado investigaciones en el ámbito Nacional de diseños geométrico para caminos de bajo volumen de tránsito, de acuerdo con Balbín & Baldeón (2019), en la tesis “Propuesta de Diseño Geométrico en Perfil para Caminos de Bajo Volumen de Tránsito de la provincia de Canta”, nos indican el enfoque en el diseño geométrico de acuerdo a las pendientes para dos tipos de vehículos uno de la marca Fuso donde evaluaron el modelo FA 917 y otro de la marca Hino, el camión Hino Serie 500 en los caminos de bajo volumen de tránsito y la influencia en el costo.

También se realizaron estudios sobre la capa de rodadura según Hernández & Llerena (2019) en la tesis “Análisis de normativa internacional de carreteras no pavimentadas a fin de proponer estándares de diseño de la estructura de superficie de rodadura en Perú” realizaron el estudio para proponer que tipo de superficie de rodadura se podría utilizar en los caminos de bajo volumen de acuerdo al volumen de tránsito obtenido para las clases de vehículo T0, T1, T2 y T3.

De acuerdo con Macedo & Vilca (2016) en la tesis “Diseño estructural del pavimento flexible, en el mejoramiento del camino vecinal Rioja - Posic, utilizando el método NAASRA, tramo del km. 00+000 al km. 6+090, distrito y provincia de

Rioja, región San Martín” en la que nos muestra el diseño del pavimento según la metodología NAASRA en caminos de bajo volumen y se considera el volumen de tráfico del tramo a evaluar y a consecuencia de esto el número de repetición es de ejes equivalentes para su diseño correspondiente. Se han realizado estudios en el ámbito internacional las cuales dejaron manuales como es el caso de Canadá con el Manual de Caminos Forestales y Rurales de Canadá y para el caso de América Latina también se realizaron estudios como es el caso de Chile la cual nos muestra su Manual de Caminos Forestales, del mismo modo tenemos al Manual de Colombia para caminos de bajo volumen de tránsito en la que consideran al camión C2E un rango de factor camión entre 0.08 - 2.72, y las tasa de crecimiento lo relacionan de acuerdo al número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 ton. Debido a la falta de investigación e importancia por parte de los profesionales es que no se logra obtener una guía o una actualización de los Manuales de diseño para caminos de bajo volumen de tránsito. También se podría considerar que debido a que estos caminos poseen IMDA menores de 200 vehículos y se encuentra ubicados en zonas rurales alejadas no se toma en consideración estudios de este tipo de vías. Sin embargo, es de gran importancia realizar estudios de los caminos vecinal, ya que con adecuados parámetros de diseño se podría generar más proyectos y por ende más accesos a estas zonas rurales que sean económicos y que se ajusten a la realidad.

Según el Ministerio de Transportes (2014) en su Manual de carreteras, suelos, geotecnia y pavimentos, nos indican valores de factor Camión para el diseño de pavimentos, sin embargo, estos valores consideran a los vehículos en su carga máxima durante toda la vida útil, haciendo que los espesores del pavimento sean mayores del que se necesita y de esa manera incrementar el costo del proyecto generando que no se invierta en construcción, rehabilitación o mejoramiento de los caminos vecinales.

A nivel Nacional nos podríamos ver perjudicados, ya que la mayoría de estos caminos rurales la utilizamos para el transporte de productos agrícolas el cual representa un crecimiento económico para el desarrollo del país, las mismas zonas rurales se ven afectadas, ya que al tener un elevado costo por el sobredimensionamiento de estas vías será menor el número de proyectos a realizarse, aparte de ello se estaría dejando a un lado a las comunidades rurales del

interior del país evitándoles nexos con las ciudades y no se le brindaría una buena calidad con el servicio de salud y educación.

Se debe considerar una adecuada clasificación vehicular para el correcto estudio de tráfico de estas vías, y de acuerdo a ello encontrar el vehículo común en los caminos de bajo volumen, también considerar la investigación sobre el comportamiento poblacional para las proyecciones de tránsito las cuales influirán para el cálculo de ejes equivalente de cada proyecto a futuro, determinar el factor daño según cada tipo de vehículo pesado y a partir de ello calcular el EAL de diseño para poder dimensionar el pavimento de manera adecuada y sin incrementar los costos.

Por otra parte, a nivel internacional tenemos a Brasil que en su Manual de estudio de tráfico (2006) nos muestra los siguientes valores máximos de factores de vehículo mas comunes en su país y como considera Aashto y Usace. (ver tabla N°2)

Tabla N° 2: Factor Camión según manuales internacionales

<b>FACTORES DEL VEHÍCULO (CARGAS MÁXIMAS)</b>						
<b>TIP O</b>	<b>VEHÍCULO</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>FV USAC E</b>	<b>FV AASHT O</b>	<b>ESA L</b>	<b>PESO TOTA L</b>
2C	Camión mediano	ESRS-6 + ESRD-10	3.567	2.722	2.938	16.0
3C	Camión pesado	ESRS-6 + ETD-17	8.827	1.970	3.896	23.0
4C	Camión pesado	ESRS-6 + ETT-25.5	9.578	1.887	5.304	31.5
22S1	Semirremolque	ESRS-6 + 2ESRD-10	6.857	5.116	5.194	26.0
2S2	Semirremolque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETD-17	12.116	4.364	6.152	33.0
2H3	Semirremolque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETT-25.5	12.867	4.282	7.559	41.5
3H2	Semirremolque	ESRS-6 + 2ETD-17	17.376	3.612	7.109	40.0

<b>FACTORES DEL VEHÍCULO (CARGAS MÁXIMAS)</b>						
<b>TIP O</b>	<b>VEHÍCULO</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>FV USAC E</b>	<b>FV AASHT O</b>	<b>ESA L</b>	<b>PESO TOTA L</b>
3H3	Semirremolque	ESRS-6 + ETD-17 + ETT-22	12.908	2.806	6.456	45.0
2C2	Remolque	ESRS-6 + 3ESRD-10	10.146	7.511	7.449	36.0
2C3	Remolque	ESRS-6 + 2ESRD-10 + ETD-17	15.406	6.759	8.407	43.0
3C2	Remolque	ESRS-6 + ETD-17 + 2ESRD-10	15.406	6.759	8.407	43.0
3C3	Remolque	ESRS-6 + 2ETD-14.5 + ESRD-10	10.714	4.422	6.340	45.0

Fuente: Departamento Nacional de Infra-Estructura de Transportes, 2006, p.259

Donde:

- ESRS-6: Eje simple con ruedas simples con un peso de 6 toneladas.
- ESRD-10: Eje simple con ruedas dobles con un peso de 10 toneladas.
- ETD-17: Eje doble tándem con un peso de 17 toneladas.
- ETT-25.5: Eje triple tándem con un peso de 25.5 toneladas.
- ESALF: Factor de carga por eje estándar equivalente.

Problema general:

¿Cuál es el vehículo característico, las tasas de crecimiento y de factor camión para hallar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito?

Problemas específicos:

- a) ¿Cómo están clasificados los vehículos para determinar el vehículo característico en caminos de bajo volumen?
- b) ¿Cómo influye la tasa de crecimiento poblacional y el PBI en las proyecciones del tráfico en caminos de bajo volumen?
- c) ¿Cuál es la tendencia del Factor Camión para establecer el EAL de diseño en caminos de bajo volumen de tránsito?

## **1.2. Objetivo general y específico**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar la clasificación vehicular y determinar el tipo de vehículo característico en caminos de bajo volumen de tránsito para hallar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos.

### **1.2.2. Objetivo Específico**

- a) Clasificar los tipos de vehículos para encontrar el vehículo característico en caminos de bajo volumen.
- b) Determinar la influencia de la tasa de crecimiento poblacional y del PBI para la proyección de tráfico en el diseño de caminos de bajo volumen.
- c) Determinar la tendencia del factor camión para hallar el EAL de diseño en caminos de bajo volumen.

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

### **1.3.1. Espacial**

La presente investigación estará basada en expedientes técnicos del Perú, abarcando así departamentos como Piura, Apurímac, Ancash, Ayacucho, Junín, Pasco, Huancavelica, Ucayali, Moquegua, Tacna, Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, San Martín y Huánuco

La evaluación comprende un análisis de los caminos de bajo volumen de tránsito de los caminos vecinales de los departamentos en mención.

### **1.3.2. Temporal**

Este estudio se evaluarán los expedientes técnicos elaborados para los diferentes departamentos del Perú de los últimos 15 años.

### **1.3.3. Temática**

La presente investigación procesará la información sobre los vehículos que transitan en los caminos de bajo volumen de tránsito.

## **1.4. Justificación e importancia**

### **1.4.1. Importancia**

El presente proyecto aportará para un diseño adecuado en los caminos rurales, evitando los sobredimensionamientos de los pavimentos y a consecuencia de este un costo elevado innecesario, velando por la integridad de la ejecución de proyectos y mejores accesos para los pobladores de la zona. A parte contribuir con una futura actualización de manuales de caminos de bajo volúmenes de tránsito.

#### **1.4.2. Justificación Teórica**

El presente proyecto de investigación aportará con información real de campo, basada en expedientes técnicos, respecto a la demanda vehicular para caminos de bajo volumen de tránsito, el cual podría brindar una base para una futura actualización del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas o vías que tengan un IMDA menor a 200 vehículos por día, se intenta plantear una adecuada clasificación vehicular en base a manuales internacionales y estandarizar los vehículos que generalmente transitan en los caminos rurales.

#### **1.4.3. Justificación Metodológica**

Se podrá tener una perspectiva distinta respecto al estudio de los caminos de bajo volumen de tránsito y el comportamiento del crecimiento de la población en estas zonas rurales para un adecuado estudio de proyectos de investigaciones futuras, ya que se tendrá una mayor exactitud con respecto a las variables mencionadas.

#### **1.4.4. Justificación Práctica**

Con esta investigación se puede comprender un poco más respecto a clasificaciones vehiculares y las demandas futuras de tránsito las cuales repercutirán en la reducción del presupuesto de los proyectos de los caminos de bajo volumen, tratando que de esta manera se pueda promover el aumento de mejoras de la infraestructura vial en estas zonas con un adecuado diseño del mismo, sin sobredimensionar los pavimentos.

#### **1.4.5. Justificación Social**

Este proyecto será de gran aporte para las comunidades rurales, ya que con un base de estudio respecto al tránsito preciso del lugar y el comportamiento social en estas comunidades se pueden realizar más proyectos con presupuestos más reducidos lo cual ayudará para el transporte de productos agrícolas, llegadas a puestos de salud, acceso para una buena calidad educativa, aumento de trabajos y enlazar comunidades.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio de la investigación

A lo largo de la historia, a medida que las ciudades han aumentado en tamaño y densidad poblacional con ellos crecía la curiosidad de explorar nuevos terrenos y por ende una necesidad de comunicarse para poder suministrarse de alimentos y/o realizar los famosos trueques, pero también para estar preparados por si llegaban enemigos o lobos para atacar a su ganado por lo que empezaron a construir sus primeros caminos haciendo rebajas a las colinas, rellenado valles, haciendo puentes con lana de su ganado para unir un pueblo con otro.

Con el descubrimiento de la rueda la forma de ver el transporte dio un giro de 180° surgiendo nuevas necesidades. Como las primeras ruedas eran muy pesadas y eran propensas a hundirse en suelos blandos, comenzaron a crear nuevos diseños de rueda y a la par se desarrollaban las grandes naciones, con necesidades militares en primer lugar, las comerciales en segundo, estas últimas impulsaron a la construcción de caminos carreteros.

Con esto se dieron origen a grandes carreteras que sirvieron para el desarrollo de las ciudades convirtiéndolas en potencias. Así pues, a medida que el tiempo transcurría y se evidenciaban nuevos descubrimientos, se fueron volviendo expertos comenzando a establecer ciertas codificaciones, por ejemplo, colocaban una base de piedra gruesa hincadas a mano seguido de una capa de fragmentos de piedra y por último una capa de piedras chancadas del tamaño de una nuez.

Villalobos (1990) en su libro Historia de la Ingeniería en Chile, relata que los caminos en Chile tienen origen desde el tiempo de los incas, quienes no conocían la rueda pero tenían caminos buenos de hasta seis metros de ancho y se extendieron por más de trescientos mil kilómetros en sentido longitudinal y transversal siendo así el más usado el que iba desde la costa de Ecuador hasta el centro de Chile teniendo una longitud de seis mil cuatrocientos kilómetros. Estos caminos eran de vital importancia pues aseguran no solo la paz dentro del imperio sino también el desarrollo de otras etnias. Con la independencia, en 1820 se inició el proceso de institucionalización de la red vial. Posteriormente, en 1887 se fundó el Ministerio de Industrias y Obras Públicas, pero recién en 1920 los automóviles comienzan a tener dificultades con los caminos nacionales. Luego, en 1953 se crea la actual Dirección de Vialidad, quienes se encargan de la infraestructura vial. En 1970, la

Carretera Panamericana alcanzaba hasta Arica y el límite con el Perú (ver Figura N°1).



Figura N° 1: Primeros caminos de Chile

Fuente: <http://www.vialidad.cl/acercadeladireccion/Paginas/Historia.aspx>

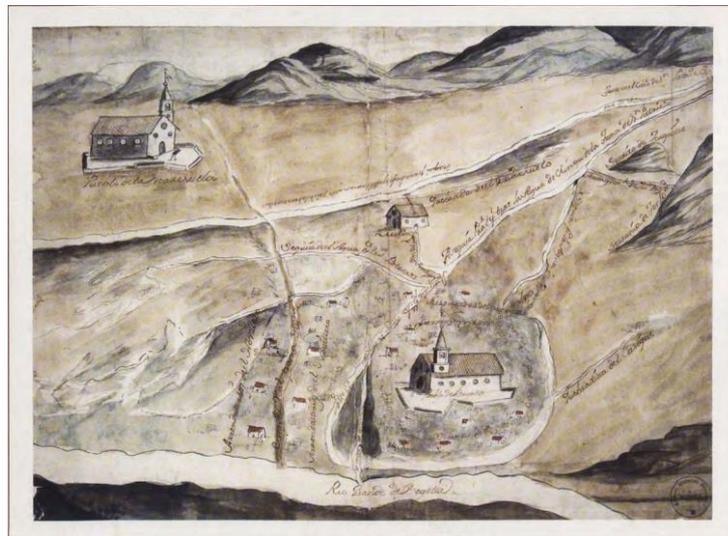
En el Perú antiguo, el Imperio Inca fue responsable de los caminos más maravillosos pues estos unían nuestras tres regiones: costa, sierra y selva para un intercambio de productos. El Qhapaq Ñam, un imponente sistema vial que incluía caminos longitudinales y transversales, donde los anchos valles entre montañas se cruzaban con puentes colgantes, puentes que tenían cuerdas de lana; rampas que se construían con escalones tallados en la roca. Por donde transitaron los chasquis, y miles de nativos que con ellos llevaban nuevas costumbres, conocimientos e ideas, así como también diversos productos de las diferentes regiones (ver Fig N°2).



Figura N° 2: Qhapaq Ñam

Fuente: <https://patrimoniomundial.cultura.pe/sitiosdelpatrimoniomundial/qhapaq-%C3%B1an-sistema-vial-andino>

A diferencia de Chile y Perú, que construían caminos para acortar distancias y hacer más fácil el intercambio ya se de productos o costumbres entre un pueblo y otro; Colombia en el libro Caminos Reales de Colombia (1995), describe que dado su geografía se habían creado barreras comparativamente fuertes al intercambio entre los distintos núcleos de la población, pues estas tenían diferencias de altitud y barreras naturales, que solo se rompían ocasionalmente para intercambios sumamente valiosos. La conquista española fue quien impuso una integración violenta, muy precarios en sus años coloniales pero que se va consolidando a partir de los rituales administrativos centralizados de Santafé de Bogotá (ver Figura N°3).



Fuente: Libro Caminos reales de Colombia

Figura N° 3: Caminos reales de Colombia

Las carreteras como las conocemos hoy en día, vienen desde del siglo XVIII probando técnicas modernas para su construcción sin embargo, las primeras carreteras como tal, surgen en Italia (1921, autopista que va desde Milán hasta Varese) (ver FiguraN°4) y en Alemania (1935, autopista que va desde Fráncfort del Meno hasta Darmstadt) (ver FiguraN°5). En el Perú, la primera carretera fue la Carretera Central, que inicio con sus trabajos en 1936 en el gobierno Oscar R. Benavides teniendo una longitud de 173.66 kilómetros, uniendo los lugares desde Lima hasta La Oroya.



Figura N° 4: Primera autopista en Italia, 1921

Fuente: <https://autopistasipn.wordpress.com/2016/06/04/la-primer-autopista-italia-1921/>



Figura N° 5: Alemania, 1935 primera autopista

Fuente: <https://www.alamy.es/foto-hitler-abre-una-autopista-1935-36996438.html>

Con esto Perú comenzó a publicar manuales de Diseño Geométrico de Carretera publicado en 2001, y modificado en 2014 y finalmente nos basamos en el que se publicó en el 2018. En el periodo 2005 al 2008 aparecieron los manuales de bajo volumen que tuvieron vigencia hasta el 2014 que se unifican en el manual el DG-2014 y suelos 2014; teniendo en cuenta que la evolución de los manuales se debe tanto al desarrollo de la tecnología como las necesidades de la población, los nuevos estudios que se van realizando gracias a que las herramientas que nos ayudan a una mejor evaluación del terreno, clima, transporte que circula por dichas vías y ensayos más sofisticados, gracias también a la evolución de la tecnología.

Por otro lado, tenemos que según el Manual de Conservación Vial de Bolivia (2011) en 1961 se creó el Servicio Nacional de Caminos quien era responsable de la construcción, mantenimiento y administración de toda la red de carreteras de Bolivia, luego por la ley de descentralización, en 1995 pasaron a depender de las Prefecturas Departamentales. Posteriormente en el 2006 se le transfiere la responsabilidad de la planificación y gestión de la Red Vial Fundamental a la Administradora Boliviana de Carreteras, esto ha servido para la elaboración de un Manual de Conservación Vial como documento base para satisfacer las necesidades de la población e ir actualizándolo según las nuevas necesidades y la tecnología. En conclusión, si bien cada país aplicaba sus técnicas de acuerdo a sus conocimientos y necesidades, todos buscaban acordar distancia entre los pueblos para así ser volver a su capital para tenerla protegida de algún ataque y a la par volverla una potencia, a excepción de Colombia que dado su geografía no pudo integrar sus pueblos con su ciudad dejándola así desprotegida y fácil de conquistar. Al final estas experiencias les sirvieron a otros países para poder desarrollar el diseño de carretera que hoy en día conocemos y que poco a poco se ha ido perfeccionando según el tipo de geografía, topografía, clima y demás factores de cada país.

### **2.1.1. Investigaciones Internacionales**

Desde un punto de vista global, “los beneficios de más y mejor infraestructura vial se observan en la competitividad, la eficiencia y los costos agregados de la economía” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2019, párrafo 2). Por otro lado, centrándonos en América Latina menciona que: “En América Latina (17 países) poco menos del 18% de la red vial total estaba pavimentada en 2015; esto equivale en términos de área de tierra a 3 km por cada 100 km<sup>2</sup>” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2019, párrafo 9). Es decir, el 82% de la red vial es no pavimentada y se asume que sería de bajo volumen.

De acuerdo con Ospina Ovalle (2016) describe que:

En Colombia la red terciaria son vías angostas y con fuertes pendientes, teniendo así solo 1,400 kilómetros de vías pavimentadas con un promedio menor a 30 vehículos por día. Por otro lado, resaltan que a pesar de que las vías de bajo tránsito son carreteras secundarias y terciarias, se deberían implementar diferentes opciones tecnológicas que aseguren la

transitabilidad de los caminos y así reducir el gasto en hacerlas de concreto o asfalto e invertir ese dinero en la construcción de más carreteras. Además, propone que las planificaciones vayan más allá del tiempo del gobernador de turno, pues carecen de información preliminar y de inventarios de vías lo que obstruye el paso a nuevas inversiones.

Según La Corporación Andina de Fomento (2010) nos menciona el problema que se genera cuando los caminos no están pavimentados pues estos generan polvo y con ello traen no solo contaminación sino también, problemas de salud y de seguridad para la comunidad a la cual le corresponde esa vía. Por otro lado, considera dos tipos de accesos el básico, que consiste en la transitabilidad de vehículos durante todo el año a baja velocidad; y el total, que consiste en un diseño de ingeniería más elaborado para la transitabilidad de vehículos a altas velocidades. Consideran para su referencia 50 vehículos por día de más 3.5 toneladas. Adicionalmente describe que más del 50% de la población se concentra en asentamientos humanos lo que tiene una relación directamente con el desarrollo de la infraestructura vial pues se esperaría que, si hay mayor población, se dé un mayor desarrollo económico por ende sea necesario construir grandes autopistas.

### **2.1.2. Investigaciones Nacionales**

Balbín & Baldeón. (2019), en su tesis explica sobre la importancia de manuales de caminos de bajo volumen de tránsito y nos indica que:

Los proyectistas se basan en la norma DG-2018 para realizar el diseño de futuros proyectos viales, además de efectuar rehabilitación y mejoramiento las vías ya construidas, por lo que, serán diseñados y evaluados con criterios de carreteras de tercera clase, ya que, en la norma actual no presenta información para carreteras de cuarta clase o trochas carrozables. Es decir que, el diseño geométrico en perfil para carreteras de bajo volumen, que presentan una demanda menor a los 200 veh/día y características diferentes a las carreteras de tercera clase, tendrán un mayor trazo y, por ende, el costo será mayor que al diseñarlo con pendientes superiores al 10%. Por lo tanto, al no tener información actualizada para realizar un diseño adecuado para los caminos de bajo volumen de tránsito en las zonas rurales, con vehículos tipo de la zona que transitan por la topografía accidentada, conllevan a realizar diseños

que no se ajustan a esas características, lo que genera un diseño inadecuado (p. 4).

Además, para su propuesta de investigación consideran dos tipos de vehículos de diseño uno de la marca Fuso modelo FA 917 y de la marca Hino, el camión Hino Serie 500, lo que les da una velocidad de diseño de 20km/h para las carreteras de la provincia de Canta. (p.76)

Castro & Céspedes. (2009), nos muestra un análisis comparativo tanto para los parámetros de diseño geométrico como para el diseño de pavimento entre los manuales del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, AASHTO, Overseas Road Note 6, BM, General Provisions and Geometric Design for Roads, Streets, Walks, and Open Storage Areas – U.S.A, MONT, Manual de Diseño para Pavimentos de Bajos Volúmenes de Tránsito - Argentina, FAO y MEX. En sus siguientes capítulos nos muestra que para su zona de estudio Lancarolla – Mungui el IMD es 8 vehículos teniendo así: autos y camiones (5), transporte público – coaster (2), camión de 2 ejes (1). Por otro lado, para el EAL consideraron un total de repeticiones de eje equivalente de 8.2 toneladas proyectándose a 10 años de vida útil teniendo un resultado de 1.56E+04. (p.280)

Hernández & Llerena. (2019), presenta en su tesis:

Que para el tramo “Cruce Congacha – Señor de la Humildad – Cueva Blanca” el IMD es de 30 vehículos lo que les permitió identificar las carreteras por nivel de servicio y un EAL de 1.06E+05 para un diseño estructural.

Hernández & Llerena. (2019), finalmente concluye que:

El tráfico de diseño de Colombia, Chile y AASHTO usan EAL; DG - 2018 y Bolivia usan únicamente vehículos por día, mientras que Austroads, SudAfrica y MTC - 2008 utilizan ambos indicadores, USACE es la única que utiliza índice de diseño. Se concluye que efectivamente los parámetros de tráfico en carreteras no pavimentadas, de la normativa internacional estudiada, son diferentes a la normativa peruana. Y se propone el uso de dos indicadores como se empleaba en la derogada Norma MTC - 2008 con IMD para las condiciones de servicio y los EE para el diseño estructural. (p. 193).

Román & Saldaña. (2018), presenta en la contrastación de su tesis que:

Para obtener los diferentes anchos de plataforma para trochas carrozables, hemos dividido con tráficos que correspondan con IMDA de 101 a 200 veh/día en el que su ancho de plataforma será de 7.00m y sus costos de construcción será al igual que al de uno de 3ra clase con ancho mínimo. Para tráficos con un IMDA de 51 a 100 veh/día tendremos 135 anchos de plataforma de 6.50m cuyo costo de construcción es de S/. 895 314.82. Por último, para tráficos con un IMDA menores a 50 veh/día tenemos un ancho de plataforma de 5.50m cuyo costo de construcción es de S/. 782 841.24, y para menores velocidades de diseño un ancho de plataforma de 4.50m cuyo costo de construcción es de S/.638 850.64. (p. 134)

Quintana López & Arévalo Lay. (2016), en su estudio titulado Caminos vecinales: realidad y normativa de Perú, muestran que:

Se ha observado que el 80.00% de los caminos vecinales a nivel nacional tiene IMD menor a 50 vehículos por día por lo que según la Norma de 1978 correspondería a secciones transversales entre 5.50-7.00 metros y bajo el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito de los años 2005 y 2008 correspondería a una sección de 4.50 -7.00 metros. Sin embargo, bajo la Norma actual DG-2013 dicho IMD correspondería a una vía con sección transversal mínima de 4.00 metros. Entonces, se concluye que el Norma de 1978 tiene un mejor estándar de sección transversal que la actual Norma DG-2013. (p.6)

## **2.2. Base Teóricas**

De acuerdo con el Ministry of Works and Transport (2004) Indica la importancia del análisis de tráfico para el desarrollo y gestión de carreteras lo cual influirá en la Política nacional y se reflejará en el crecimiento y desarrollo de la población y su economía. Es necesario el análisis de tráfico para la planificación y mantenimiento en una determinada vía, evidentemente el estudio para el flujo de tráfico es complejo, ya que va a depender del tipo de carretera y las condiciones climáticas de la misma.

Además, menciona la importancia del análisis de tráfico para el desarrollo y gestión de carreteras lo cual influirá en la Política nacional y se reflejará en el crecimiento y desarrollo de la población y su economía. Es necesario el análisis de tráfico para

la planificación y mantenimiento en una determinada vía, evidentemente el estudio para el flujo de tráfico es complejo, ya que va a depender del tipo de carretera y las condiciones climáticas de la misma.

Para el análisis de conteo de tráfico se divide en dos tipos, el recuento manual y el recuento automático.

a) Conteo Manual

Este es el método más común que se tiene para poder realizar el conteo de tráfico que consiste en asignar a una persona para que pueda registrar el tráfico en una determinada vía o zona, este tipo de conteo puede tener una mano de obra con un costo elevado, sin embargo, es necesario cuando se necesita realizar un conteo por separado de los vehículos como es en el caso de las intersecciones de las avenidas.

Los equipos para el conteo de tráfico son necesarios para ser colocados en distintos puntos de una vía para hacer registro del tráfico y debe ser supervisado constantemente por el personal técnico para asegurar la eficiencia del equipo, así como una compilación adecuada del conteo.

Según la Secretaría de comunicaciones y Transportes (2016), indica que este tipo de conteo va a permitir clasificar a los vehículos por tamaño, tipo, número de pasajeros, carril de circulación, dirección de circulación, entre otros. (ver figura N°6)

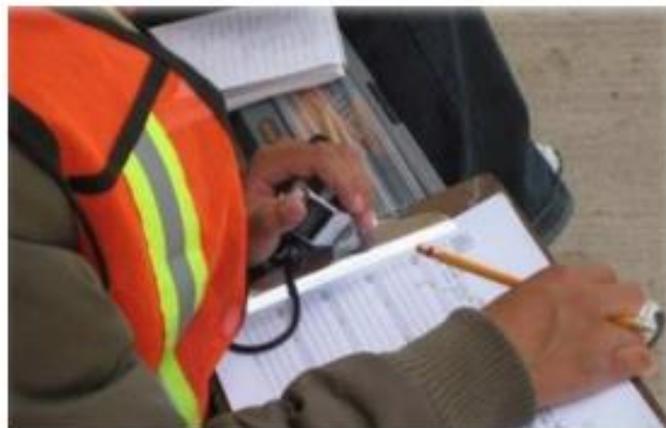


Figura N° 6: Conteo manual utilizando hoja de conteo impreso en papel.

Fuente: Secretaría de comunicaciones y Transportes, 2016, pag 14

b) Conteo Automático

Según el Ministry of Works and Transport (2004) indica que, debido a la presencia de gran flujo vehicular se opta por conteos automáticos, los

elementos electromagnéticos y la comunicación inalámbrica a permitido que el análisis de tráfico se realice con algunos tipos de detectores que pueden estar colocadas en la parte superior del pavimento.

Algunos de los detectores más comunes son las siguientes:

- Tubos neumáticos:

Estos tubos son colocados en la parte superior de la superficie del pavimento donde se necesite el conteo vehicular y funciona por la compresión que se produce a medida que el vehículo pasa por el tubo, este envía una ráfaga de aire a un sensor de aire, este puede determinar el eje del vehículo e incluso la velocidad con la que está pasando son muy utilizados en distintos lugares del mundo, se deben de utilizar de manera adecuado, percatándose en la colocación y operación para evitar los errores en la toma de datos. Cabe recalcar que hay que tener cuidado con estos dispositivos, debido a que tienen un costo alto en su reparación.

- Bucles Inductivos:

Este tipo de conteo vehicular consiste en colocar un cable torneado que estará incrustado en el pavimento, previo corte del mismo junto con un oscilador el cual percatará el cambio del campo magnético cuando un vehículo pase por esa vía y realiza el conteo, este tipo de dispositivo es uno de los más usados para el conteo vehicular, pero estos dispositivos son incapaces de medir la velocidad y longitud del vehículo de manera independiente, se tendría que colocar dos bucles separados y ver cuanto demora en pasar un vehículo por cada uno de los bucles y estimar la velocidad, también podría determinar la longitud del vehículo y estimar el número de ejes que este posee.

- Detectores de radar de onda micro milimétrica:

Estos detectores emiten señales radioactivas a unas frecuencias altas que pueden variar entre 100 MHz a 100 GHz y registran la aparición de un vehículo y su velocidad, también pueden determinar el volumen vehicular, no se perjudican por los cambios de clima.

Para este tipo de sistema se necesita de altos niveles de potencia informática para que de esa manera pueda tener una mejor calidad en el análisis.

- Cámara de video:

Este tipo de sistema de video permite detectar el paso del vehículo por medio de la visión sintética, puede estar monitoreando varios carriles de manera simultánea.

Este sistema es adecuado para la detección vehicular, mas no es recomendable para determinar la velocidad del vehículo y su clasificación.

### **2.2.1. Tasa de crecimiento poblacional**

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), es la entidad responsable de realizar los censos nacionales de población y vivienda, lo que nos brinda información sobre la magnitud, distribución y composición de la población, siendo así este un indicador para la proyección de tráfico. Por ende, se describirá las estimaciones y proyecciones de la tasa de crecimiento poblacional.

#### **2.2.1.1. Dinámica demográfica departamental**

- a) Niveles y tendencia de la fecundidad por departamento en el periodo 1995 – 2025

El INEI (2009) en su informe sobre Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Sexo y Grupos Quinquenales de Edad, 1995-2025 nos indica que:

En el período de proyección 2010-2025 como es de esperar, la fecundidad continuará descendiendo en forma sostenida hasta el final de la proyección, sin embargo, será distinta en cada departamento por cuanto responde a su tendencia histórica y dinámica demográfica propia de cada uno de ellos, que involucra la edad de inicio de relaciones sexuales, nupcialidad, reproducción y el aspecto de la planificación familiar; debido a ello y por tener las fecundidades más altas, la tasa global de fecundidad disminuirá más en los departamentos de la Sierra y de la Selva, en menor medida en la Costa, Lima y en la Provincia Constitucional del Callao. (p. 16)

Tabla N° 3: Perú: Tasa global de fecundidad, según departamento, 2010-2025

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2020</b>	<b>2020-2025</b>
<b>Perú</b>	<b>2,38</b>	<b>2,22</b>	<b>2,10</b>
<b>Costa 1/</b>			
Ica	2,21	2,08	1,98
La Libertad	2,34	2,16	2,02
Lambayeque	2,18	2,04	1,96
Moquegua	2,01	1,90	1,86
Piura	2,66	2,46	2,29
Tacna	2,07	1,97	1,91
Tumbes	2,16	2,04	1,96
<b>Sierra</b>			
Áncash	2,63	2,42	2,30
Apurímac	3,10	2,83	2,62
Arequipa	2,00	1,93	1,88
Ayacucho	3,24	2,90	2,65
Cajamarca	2,67	2,40	2,27
Cusco	2,58	2,35	2,22
Huancavelica	4,01	3,54	3,13
Huánuco	3,01	2,82	2,65
Junín	2,89	2,69	2,49
Pasco	2,92	2,66	2,50
Puno	2,78	2,57	2,43
<b>Selva</b>			
Amazonas	2,91	2,70	2,52
Loreto	3,04	2,64	2,35
Madre de Dios	2,71	2,39	2,19
San Martín	2,71	2,48	2,30
Ucayali	2,78	2,58	2,45
<b>Lima y Callao</b>			
Prov. Constitucional del Callao	1,91	1,83	1,75
Lima	1,95	1,87	1,82

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.17

b) Evolución de la mortalidad por departamento 1995 – 2025

Por otro lado, el INEI (2009) en su informe sobre Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Sexo y Grupos Quinquenales de Edad, 1995-2025 menciona que:

Para la evolución de la mortalidad por departamento en el periodo 1006 – 2025 menciona que: Las mismas fuentes de datos utilizadas para examinar la evolución de la fecundidad proporcionaron información para evaluar los niveles y tendencias de la mortalidad infantil para el período 1995-2010. Métodos directos e indirectos fueron aplicados a los censos y encuestas disponibles con el propósito de obtener un vasto panorama del comportamiento de la mortalidad infantil para el período de análisis. El hecho de basar las estimaciones de la mortalidad en censos y encuestas, utilizando mayormente métodos indirectos, obedece a una limitación seria de la fuente natural de información, el registro de defunciones, para realizar estimaciones directas.

La tasa de mortalidad infantil (TMI) ha venido descendiendo en el país, desde la segunda mitad del siglo veinte, primero lentamente desde niveles altos: 158,6 defunciones de menores de un año por mil nacidos vivos en 1950-1955 a 110,3 en 1970-1975, representando una reducción de 30,5%, a partir de ese quinquenio se aceleró la caída de la tasa, llegando a 41,1 defunciones de menores de un año por mil nacidos vivos hacia 1995-2000, en 25 años ocurre una disminución de 62,7%; esta tendencia continúa en forma más acentuada en los últimos quinquenios, situándose en 21,0 defunciones de menores de un año entre el 2005-2010, lo que representa una reducción de 61,8% en relación al quinquenio 1990-1995. Es sabido que los niveles de mortalidad están asociados a factores biológicos, socioeconómicos, culturales y políticos. Cabe destacar, el mayor acceso de la mujer a la educación, particularmente a educación superior, a los servicios de salud para la población en general, a la atención del parto en establecimientos de salud, al programa de inmunización de los niños menores de un año, a la intensiva difusión de la lactancia materna, a la información, al mercado laboral y la mejora de la situación económica del país en la presente década, han influido positivamente en el descenso de este indicador.

Sin embargo, el descenso de la TMI es diferencial por la heterogeneidad de las características demográficas, económicas, sociales y culturales observadas en los departamentos de la Costa, Sierra, Selva y el departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao. Así en los departamentos de la Costa, en el período 1995-2000 la TMI oscilaba entre 21,0 y 40,0 defunciones de menores de un año correspondiente a Ica y Piura, respectivamente. Se estima que en el quinquenio 2005-2010, la tasa estará entre 11,0 (Ica) y 21,0 (Piura), sin embargo, la velocidad de descenso es levemente mayor en Tumbes (51,7%) e Ica (47,6%). (ver tabla N°4).

Más de la mitad de los departamentos de la Sierra llegaron al quinquenio 1995-2000 con elevadas tasas de mortalidad infantil, muy por encima del promedio nacional, en este grupo destacan, Huancavelica (60,0 por mil), Cusco (59,0 por mil) y Ayacucho (52,0 por mil), en el quinquenio 2005-2010, se observa un mayor descenso en Apurímac (54,1%) y Ayacucho (52,9%). En el resto de departamentos, en el período de análisis las disminuciones se encuentran entre 34,6% (Puno) y 48,7% (Cajamarca). Arequipa, es el departamento que registra el mayor descenso de la TMI, entre 1995-2000 la tasa era de 28,02 defunciones de menores de un año por mil nacidos vivos, nivel que sigue su tendencia descendiente hasta alcanzar 15,0 defunciones de menores de un año por cada mil nacidos vivos en el quinquenio 2005- 2010, lo que representa una reducción de 46,4% en dicho período. (p.20)

Tabla N° 4: Perú: Tasa de mortalidad infantil, según departamento, 1995-2010

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>1995-2000</b>	<b>2000-2005</b>	<b>2005-2010</b>
<b>Perú</b>	<b>41,10</b>	<b>27,40</b>	<b>21,00</b>
<b>Costa 1/</b>			
Ica	21,00	14,00	11,00
La Libertad	28,02	22,02	16,01
Lambayeque	35,02	25,02	19,02
Moquegua	25,02	18,02	15,01
Piura	40,03	28,02	21,01

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>1995-2000</b>	<b>2000-2005</b>	<b>2005-2010</b>
Tacna	24,02	18,02	15,01
Tumbes	29,01	19,02	14,01
<b>Sierra</b>			
Áncash	36,02	26,02	20,01
Apurímac	48,02	30,02	22,02
Arequipa	28,02	18,02	15,01
Ayacucho	52,03	36,02	24,52
Cajamarca	39,02	28,02	20,01
Cusco	59,00	43,00	33,00
Huancavelica	60,03	44,03	32,02
Huánuco	49,03	34,02	25,02
Junín	36,02	27,01	20,01
Pasco	40,03	29,01	23,01
Puno	52,03	42,02	34,02
<b>Selva</b>			
Amazonas	42,00	31,00	25,00
Loreto	44,03	34,02	27,01
Madre de Dios	36,02	29,01	25,02
San Martín	38,02	26,02	21,01
Ucayali	40,03	30,02	26,02
<b>Lima y Callao</b>			
Prov. Constitucional del Callao	17,01	13,01	11,01
Lima	20,01	14,01	12,01

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.20

La mortalidad infantil en el período 2010-2025, seguirá descendiendo gradualmente en todos los departamentos, bajo la hipótesis de que mejorará la situación de salud, así como las condiciones de vida de madres, niños y población en general. (p.21) (ver tabla N°5)

Tabla N° 5: Perú: Tasa de mortalidad infantil, según departamento, 2010-2025

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2020</b>	<b>2020-2025</b>
<b>Perú</b>	<b>18,60</b>	<b>16,60</b>	<b>14,90</b>
<b>Costa 1/</b>			
Ica	9,98	9,14	8,45
La Libertad	14,38	12,97	11,76
Lambayeque	17,07	15,36	13,87
Moquegua	13,25	11,77	10,55

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2020</b>	<b>2020-2025</b>
Piura	18,82	16,89	15,21
Tacna	13,24	11,77	10,55
Tumbes	12,63	11,46	10,47
<b>Sierra</b>			
Áncash	18,01	16,23	14,67
Apurímac	20,41	18,94	17,60
Arequipa	13,25	11,77	10,55
Ayacucho	21,88	19,55	17,52
Cajamarca	17,98	16,19	14,64
Cusco	29,65	26,62	23,89
Huancavelica	29,31	26,81	24,54
Huánuco	22,36	20,00	17,93
Junín	18,00	16,21	14,66
Pasco	20,97	19,12	17,46
Puno	30,24	26,82	23,77
<b>Selva</b>			
Amazonas	22,52	20,29	18,31
Loreto	24,27	21,80	19,59
Madre de Dios	22,04	19,44	17,19
San Martín	19,18	17,53	16,05
Ucayali	23,42	21,07	18,98
<b>Lima y Callao</b>			
Prov. Constitucional del Callao	9,14	7,81	6,89
Lima	10,33	9,04	8,08

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.21

Al momento de la realización del presente trabajo un grupo de cinco departamentos tenía mortalidad baja y por ende, una mayor esperanza de vida al nacer, que en el período de la proyección se irá incrementando a menor velocidad, sin embargo, la EVN llegará al quinquenio 2020-2025 con los más altos valores, estos son: Provincia Constitucional del Callao (79,0 años), Lima (78,5 años), Ica (78,2 años), Arequipa (77,8 años) y Lambayeque (77,6 años). (p.24)

Tabla N° 6: Perú: Esperanza de vida al nacer, según departamento, 2010 – 2025

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2020</b>	<b>2020-2025</b>
<b>Perú</b>	<b>74,13</b>	<b>75,07</b>	<b>75,92</b>
<b>Costa 1/</b>			
Ica	77,00	77,64	78,21
La Libertad	75,63	76,45	77,19
Lambayeque	76,08	76,86	77,56
Moquegua	75,77	76,59	77,33
Piura	73,97	74,88	75,72
Tacna	74,21	75,11	75,94
Tumbes	74,05	74,96	75,80
<b>Sierra</b>			
Áncash	73,81	74,77	75,65
Apurímac	70,23	71,33	72,38
Arequipa	76,27	77,06	77,75
Ayacucho	70,81	71,91	72,94
Cajamarca	72,94	73,94	74,86
Cusco	70,31	71,39	72,41
Huancavelica	69,79	70,93	72,00
Huánuco	71,52	72,64	73,68
Junín	71,85	72,78	73,65
Pasco	71,41	72,52	73,56
Puno	70,35	71,44	72,47
<b>Selva</b>			
Amazonas	70,56	71,56	72,48
Loreto	71,74	72,75	73,68
Madre de Dios	72,21	73,29	74,29
San Martín	71,34	72,45	73,49
Ucayali	70,88	71,99	73,02
<b>Lima y Callao</b>			
Prov. Constitucional del Callao	77,68	78,38	78,99
Lima	77,15	77,87	78,50

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.24

### c) Migración

No obstante, las dificultades que implican determinar el saldo neto migratorio se consideró que en todos los departamentos durante el período de proyección irían disminuyendo, bajo el supuesto de que la situación económica continuará mejorando, así como se profundizará el proceso de regionalización que contribuirá al desarrollo económico y

social de cada una de ellos, motivando en la población una menor movilización migratoria entre departamentos y fuera del país. (ver tabla N°7).

En este contexto, de los departamentos de la Costa que han mostrado una fuerte tendencia emigratoria en el período 2010-2025, continuarán siendo expulsores, pero en menor medida, tal será el caso de Piura, Lambayeque e Ica, el resto, por el contrario, contará con saldo migratorio neto positivo.

De los departamentos de la Sierra, la mayoría de ellos presentarán saldos migratorios netos negativos con tendencia decreciente, destacan Cajamarca y Junín con los más altos saldos, menores valores se registrarán en el resto de departamentos, excepto en Arequipa, que presentará saldos netos positivos, persistiendo su característica de polo de atracción de población.

Asimismo, la mayoría de los departamentos de la Selva irán disminuyendo sus saldos migratorios negativos; aunque los mayores expulsores de población serán Loreto y Amazonas; se estima niveles pequeños en San Martín y Ucayali. Mientras que Madre de Dios continuará siendo receptor de migrantes, por las expectativas de la intensa actividad minera aurífera que se desarrolla en las riberas de los ríos. (p.27)

Tabla N° 7: Perú, Proyección del saldo total migratorio, según departamento, 2010 – 2025

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2020</b>	<b>2020-2025</b>
<b>Perú</b>	<b>414 000</b>	<b>276 000</b>	<b>207 000</b>
<b>Costa 2/</b>			
Ica	9 441	7 325	6 267
La Libertad	13 890	4 460	255
Lambayeque	26 164	21 840	19 678
Moquegua	499	1 465	1 948
Piura	67 855	61 139	57 781
Tacna	1 444	2 008	4 101
Tumbes	1 093	155	1 190
<b>Sierra</b>			
Áncash	46 773	41 943	39 528
Apurímac	25 151	24 231	23 771

DEPARTAMENTO	2010-2015	2015-2020	2020-2025
Arequipa	2 070	4 646	8 004
Ayacucho	21 252	20 102	19 527
Cajamarca	89 075	86 683	85 487
Cusco	43 931	39 653	37 514
Huancavelica	36 197	35 691	35 438
Huánuco	38 915	37 949	37 466
Junín	57 350	53 854	52 106
Pasco	13 007	12 593	12 386
Puno	40 507	31 308	26 706
<b>Selva</b>			
Amazonas	24 601	24 049	22 584
Loreto	37 245	35 589	34 761
Madre de Dios	5 777	6 283	6 536
San Martín	3 774	2 210	1 428
Ucayali	2 699	1 825	1 388
<b>Lima y Callao</b>			
Prov. Constitucional del Callao	14 704	20 960	24 088
Lima	162 380	230 927	260 694

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.28

d) Evolución de la población 1995 – 2025

El Perú, en el año 1995 tenía 23,9 millones de habitantes y crecía a una tasa promedio anual de 1,8%. Esta velocidad de crecimiento demográfico continuó disminuyendo progresivamente durante la presente década. No obstante, la población en valores absolutos sigue incrementándose a razón de 332 mil habitantes por año en el quinquenio 2005-2010. En el año 2009 la población es de 29,1 millones y llegará a 34,4 millones de habitantes en el 2025. (p.29) (ver tabla N°8)

Tabla N° 8: Perú, población estimada y proyectada y tasa de crecimiento anual, según departamento, 1995 – 2025

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN			TASA DE CREC. MEDIO ANUAL (POR CIEN)		
	1995	2010	2025	1995-2000	2005-2010	2020-2025
Perú	23 926 300	29 461 933	34 412 393	1,66	1,16	0,95
Costa 1/						

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN			TASA DE CREC. MEDIO ANUAL (POR CIEN)		
	1995	2010	2025	1995-2000	2005-2010	2020-2025
Ica	607 707	747 338	859 784	1,58	1,18	0,83
La Libertad	1 385 811	1 746 913	2 082 737	1,87	1,29	1,08
Lambayeque	995 240	1 207 589	1 354 261	1,73	0,96	0,67
Moquegua	139 375	171 155	198 646	1,77	1,08	0,93
Piura	1 496 436	1 769 555	1 974 262	1,46	0,87	0,62
Tacna	237 762	320 021	383 370	2,50	1,52	1,14
Tumbes	166 138	221 498	264 519	2,16	1,71	1,03
<b>Sierra</b>						
Áncash	1 012 624	1 116 265	1 201 465	0,72	0,59	0,41
Apurímac	405 285	446 813	472 737	0,70	0,62	0,21
Arequipa	996 389	1 218 168	1 427 001	1,71	1,07	0,99
Ayacucho	551 374	650 718	760 414	0,73	1,25	0,94
Cajamarca	1 334 659	1 500 584	1 547 694	1,03	0,57	0,04
Cusco	1 108 235	1 274 742	1 382 372	1,16	0,75	0,44
Huancavelica	416 976	475 693	524 187	0,87	0,87	0,48
Huánuco	696 505	826 932	911 280	1,42	0,96	0,50
Junín	1 136 690	1 301 844	1 438 414	1,06	0,75	0,57
Pasco	255 005	292 955	324 137	0,95	0,90	0,59
Puno	1 151 214	1 352 523	1 556 885	1,23	0,89	0,95
<b>Selva</b>						
Amazonas	364 367	413 314	428 603	1,12	0,62	0,07
Loreto	765 047	983 371	1 121 953	2,06	1,39	0,67
Madre de Dios	73 984	121 183	168 768	3,77	2,87	1,96
San Martín	585 402	782 932	943 582	2,49	1,62	1,07
Ucayali	339 182	464 875	548 330	2,85	1,59	0,95
<b>Lima y Callao</b>						
Prov. Constitucional del Callao	697 345	941 268	1 151 132	2,50	1,66	1,26
Lima	7 007 548	9 113 684	11 385 860	2,08	1,47	1,42

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2009, p.30

e) Tasa de crecimiento por departamento

Para poder obtener los datos más exactos de los valores que algunos expedientes técnicos tomaron en consideración, se pudo obtener información del INEI en la que nos muestra las tasas de crecimiento poblacional de acuerdo al departamento.

Tabla N° 9: Tasa de crecimiento de la población por departamento

TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN DEPARTAMENTO, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 Y 2017						
Departamento	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)					
	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/	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 1/	2.0	1.9	1.2	1.7	0.7	-0.3
Prov. Const. del Callao 2/	4.6	3.8	3.6	3.1	2.2	1.3
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/	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 1/	2.1	2.7	2.2	1.6	1.2	0.2
La Libertad 1/	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 1/	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 1/	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 1/	6.8	5.9	3.4	5.6	2.2	1.4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2018, p.15

De acuerdo con la tabla N°9 se puede deducir que para los departamentos que se encuentran en el eje andino del Perú las tasas de crecimiento poblacional va disminuyendo e incluso en algunos departamentos figura una tasa de crecimiento con un valor negativo, lo cual se podría intuir que es por la migración rural a la ciudad que ocurre hasta el año 2017, como se explica anteriormente.

Por otro lado, se tiene que según el Ministerio de Transporte de Colombia (2007), consideran el valor de la tasa de crecimiento de acuerdo al número de repeticiones de ejes de 80 kN en el carril de diseño, evidentemente para utilizarse se debe tener un conocimiento confiable respecto a las cargas de los vehículos. Se pudo obtener una tabla en la que nos muestra en como se divide el nivel de tránsito de acuerdo al rango al número de ejes equivalentes de 80 kN. (ver tabla N°10)

Tabla N° 10: Niveles de Tránsito

Nivel de Tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño
T1	< 150.000
T2	150.000 – 500.000

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2007, p. 7

Se está considerando en esta tabla N°10, un máximo de 500.000 ejes equivalentes de 80 kN en el caso que se presente un valor mayor al referido se tendrá que usar criterios que se encuentran en el Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías.

Para caminos que no disponen de una serie histórica se pueden considerar valores que han sido registrados a raíz de un análisis de series históricas del Instituto Nacional de Vías, en la carretera con bajos volúmenes de tránsito durante el periodo 1996 a 2005. (ver Tabla N°11)

Tabla N° 11: Tasas promedio de crecimiento del tránsito

Nivel de Tránsito	Tasa de Crecimiento
T1	2.0
T2	3.0

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2007, p. 9

### 2.2.2. Producto bruto interno

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015), define que:

En el campo del análisis macroeconómico y de la comprensión de la realidad económica, se concibe al Producto Bruto Interno (PBI) como el indicador más completo e importante de la economía por su capacidad de sintetizar, representar y explicar el comportamiento de la economía. La capacidad de síntesis señalada, se explica porque en el Producto Bruto Interno se concentra una gama importante de conceptos macroeconómicos que definen el desenvolvimiento o características de los diferentes componentes que constituyen el sistema económico. (p.1)

#### a) Definición del producto bruto interno (PBI)

Producto Bruto Interno se define como el valor total de los bienes y servicios generados en el territorio económico durante un período de tiempo, que generalmente es un año, libre de duplicaciones. Es decir, es el Valor Bruto de Producción menos el valor de los bienes y servicios (consumo intermedio) que ingresa nuevamente al proceso productivo para ser transformado en otros bienes. El PBI, también se puede definir como el valor añadido en el proceso de producción que mide la retribución a los factores de producción que intervienen en el proceso de producción. (p.1)

#### b) Métodos de cálculo del producto bruto interno

Para cuantificar el Producto Bruto Interno, existen tres métodos: Producción, Gasto e Ingreso. El circuito económico se puede resumir de la siguiente manera:

- Método de la producción:

Por el método de la producción, el PBI se entiende como la agregación de los aportes a la producción total de todos los agentes productores del sistema económico. Para hacer posible la medición, los agentes

económicos se clasifican en diferentes categorías homogéneas; que permite establecer diferentes grados y niveles de desagregación.

Uno de los niveles más agregados en que se ordenan las actividades económicas es el siguiente: Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura Pesca Explotación de Minas y Canteras Manufactura Producción y Distribución de Electricidad y Agua Construcción Comercio Transportes y Comunicaciones Productores de Servicios Gubernamentales, otros Servicios.

El aporte de cada unidad productiva o sector de producción está constituido por el valor añadido en el proceso de producción al valor de los productos ya existentes en el sistema económico. Por ejemplo, la fabricación de zapatos implica la utilización de bienes (materias primas) como cuero, clavos, hilo, entre otros; y servicios como teléfono, luz, transporte, etc. En el proceso de transformación de estos bienes y servicios en otro producto final (zapatos), se añade valor (valor agregado) mediante el uso de factores de producción.

El método de la producción, tiene su origen en la cuenta de producción de los agentes económicos, teniendo en cuenta la unidad de producción o establecimiento. La Cuenta de Producción agregada tiene la estructura siguiente:

Tabla N° 12: Estructura del método de producción

<b>COSTOS</b>	<b>INGRESOS</b>
-Consumo intermedio	-Producción principal
-Valor agregado bruto	-Producción secundaria
<b>VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015, p.3

De esta cuenta de producción se puede deducir lo siguiente: El Valor Bruto de la Producción (VBP) desde el punto de vista de los costos de producción está constituido por dos componentes principales: + CONSUMO INTERMEDIO (CI) + VALOR AGREGADO BRUTO (VAB) = VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION (VBP)

Y, por tanto:  $VAB = BVP - CI$

En consecuencia, el valor agregado bruto sectorial, es decir, el valor agregado de cada una de las actividades económicas es igual a su Producto Bruto Interno Sectorial. (p.2-3)

- Método del gasto:

Desde el punto de vista del Gasto o destino de la producción, el PBI mide el valor de las diferentes utilizaciones finales de la producción en la Economía, restándose el valor de las importaciones de los bienes y servicios (producción no generada en el territorio interior).

Los diferentes usos finales a los cuales se hace referencia son:

GCH: Gasto de consumo final de los hogares y las instituciones privadas sin fines de lucro que sirven a los hogares. Satisfacen necesidades individuales.

GCG: Gasto de consumo del Gobierno, son gastos de consumo final de las entidades gubernamentales para la producción de servicios que satisfagan necesidades colectivas de la población.

FBKF: Formación Bruta de Capital Fijo (Inversión Bruta Fija), constituyen los gastos efectuados por los productores en la adquisición de bienes duraderos para incrementar su stock de capital, incluyéndose aquellos gastos en reparaciones de naturaleza capitalizable, es decir, que al incrementar la vida útil aumenta o renueva su nivel de productividad. De acuerdo a esta definición no constituye inversión en la Economía, la adquisición de bienes duraderos por parte de los hogares como consumidores, ni las compras de este tipo de bienes con fines similares por parte de las entidades gubernamentales, debido a que estos bienes no son utilizados para la producción de otros bienes.

VE: Variación de Existencias, considera los cambios de un período a otro en el nivel de las existencias de todos los bienes no considerados como formación bruta de capital fijo en poder de los productores del sistema económico.

X: Exportaciones de bienes y servicios, son las ventas al exterior de los productos generados en el territorio interior.

M: Importaciones de bienes y servicios, constituye las compras de productos realizadas por los agentes residentes en el exterior. La

medición del PBI desde el punto de vista del gasto se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PBI} = \text{GCH} + \text{GCG} + \text{FBKF} + \text{VE} + \text{X} - \text{M. (p.5)}$$

- Método del ingreso:

La tercera forma de cuantificar el PBI es a partir de los ingresos recibidos por los agentes económicos como retribución por su participación en el proceso de producción.

A este método también se le conoce como del valor agregado pues constituye la suma de las rentas generadas por los factores de la producción. Los componentes del cálculo del valor agregado son los siguientes:

R: Remuneraciones de los asalariados, comprende todos los pagos en efectivo o en especie, efectuados por los empleadores en contrapartida por el trabajo desarrollado por sus empleados durante un período de tiempo determinado; es decir se refiere a los sueldos y salarios en efectivo o en especie antes de cualquier deducción. Incluye, por tanto, las contribuciones a la seguridad social a cargo de los empleadores, las contribuciones reales o imputadas de los empleadores a los regímenes privados de pensiones.

CKF: Consumo de Capital Fijo, que representa el valor al costo corriente de reposición de los activos fijos reproducibles tales como maquinaria, instalaciones y equipos consumidos durante un período productivo como resultado de su desgaste normal, y se constituye por las reservas que hacen los productores por este concepto.

Ipm: Impuestos a la producción e importación, que considera el aporte que corresponde al Estado en el valor agregado generado en el proceso de producción cuando se evalúa a precios de mercado.

EE: Excedente de Explotación, que es la retribución al riesgo empresarial (ganancias y pérdidas empresariales), derivadas de la actividad productiva de la unidad económica. Comprende, tanto las utilidades de las empresas constituidas en sociedad como el ingreso de los trabajadores

independientes o ingresos empresariales de las empresas no constituidas en sociedad. En términos de ecuación, se define como:

$$\text{PBI} = \text{R} + \text{CKF} + \text{Ipm} + \text{EE. (p.5-6)}$$

c) Cálculo del producto bruto interno a nivel sectorial

- Valor bruto de producción:

El Valor Bruto de Producción de las actividades económicas está valorado a precios básicos y el Consumo Intermedio está valorado a precios de comprador. Por lo tanto, el Valor Agregado Bruto está valorado a precios básicos. El Valor Bruto de Producción de la actividad Pesca, no incluye el valor de la pota extraída por las embarcaciones de bandera extranjera, por considerarse el pago efectuado por las embarcaciones de bandera extranjera (permiso de pescar) como renta de la propiedad. (p.6)

El cálculo del Valor Bruto de Producción a precios constantes del subsector agrícola se determina multiplicando el volumen de producción en toneladas métricas de cada producto por el precio del año base. En este caso, el cálculo se realiza con una muestra de 112 productos que representa alrededor del 90,8% del subsector. (p.8)

En el subsector pecuario, el cálculo del Valor Bruto de Producción a precios constantes se determina evolucionando el valor de los animales en pie con el índice de volumen físico de la carne según la especie. El cálculo de los subproductos pecuarios se realiza mediante la multiplicación de los volúmenes de producción por el respectivo precio del año base. En este caso, el cálculo se hace con una muestra de 9 productos que representan alrededor del 90,1% del subsector. (p.8)

El cálculo del Valor Bruto de Producción a precios constantes del subsector silvícola se determina multiplicando el volumen de producción de madera rolliza por el precio del año base. Este producto representa alrededor del 70,0% del subsector. (p.8)

El cálculo del Valor Bruto de Producción a precios corrientes del subsector agrícola se determina multiplicando el volumen de producción en toneladas métricas de cada producto por sus respectivos precios

promedios pagados en chacra. En este caso, el cálculo se realiza en función a los 50 principales productos de la actividad que representan el 88,1% del subsector. (p.8)

El cálculo del Valor Bruto de Producción a precios corrientes del subsector pecuario se determina multiplicando el valor de los animales en pie a precios constantes por el índice de precios de la carne según la especie. El cálculo de los subproductos pecuarios es directo y se realiza multiplicando los volúmenes de producción por sus respectivos precios promedios pagados al productor. (p.9)

El cálculo del Valor Bruto de Producción a precios corrientes del subsector silvícola se determina evolucionando el valor de la madera rolliza a precios constantes con el Índice de Precios al Por Mayor de aserraderos. (p.9)

- Consumo intermedio:

El Consumo Intermedio de cada una de las actividades se incluye los Servicios de Intermediación Financiera Medidos Indirectamente (SIFMI). (p.7)

La medición del Consumo Intermedio a precios constantes se determina multiplicando los coeficientes técnicos del año base de cada producto por su respectivo Valor Bruto de Producción a precios constantes. (p.9)

El cálculo del Consumo Intermedio a precios corrientes se determina multiplicando los coeficientes técnicos de cada producto por su respectivo Valor Bruto de Producción a precios corrientes. (p.9)

Los coeficientes técnicos se obtienen de las Estructura de Costos de cada producto, por tipo de tecnología y departamento y también, a partir de la evolución de los principales insumos de la actividad. (p.9)

- Valor agregado bruto:

El Valor Agregado Bruto sectorial a precios básicos, denominado también como el Producto Bruto Interno sectorial, incluye sólo los otros impuestos a la producción (FONAVI, Impuesto Extraordinario de Solidaridad (IES, ex -FONAVI) Tributos Municipales, SENATI, etc.), que en el SCN 1993 se denominan “Otros Impuestos a la Producción”; por lo tanto, el PBI de la economía nacional a precios de comprador resulta ser la suma de los Valores Agregados Sectoriales a precios

básicos más los derechos de importación y los impuestos a los productos.  
(p.7)

El Valor Agregado se determina mediante la diferencia del Valor Bruto de Producción menos el Consumo Intermedio. Está compuesto por las Remuneraciones, el Consumo de Capital Fijo, los Impuestos a la Producción e Importaciones y el Excedente de Explotación. (p.9)

- Clasificación de actividades económicas:

La Nomenclatura de Actividades Económicas utilizada corresponde a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) revisión 3, la cual registra las características de los bienes y servicios producidos en el país. Para esta publicación, se utiliza la Nomenclatura de Actividades Económicas desagregada a nivel de 45 actividades económicas. (p.7)

Para tener una idea más clara de cómo se aplican todos estos indicadores para el cálculo de producto bruto interno se aplicará la metodología para el sector de transporte y comunicaciones por esta netamente ligado con el tema de investigación.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015), en su informe sobre la metodología de cálculo del producto interno anual, menciona que:

#### ✓ TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

- Definición de la Actividad

La actividad Incluye el transporte terrestre, aéreo, acuático, transporte por tuberías (oleoducto); además los servicios auxiliares que faciliten el funcionamiento de los vehículos de transporte, la carga y descarga de los bienes, terminales de puertos, aeropuertos, las agencias de contrata de carga y pasajes, playas de estacionamiento, peajes; también se considera los almacenes, las agencias de viajes, las actividades de los guías turísticos. El alquiler de equipo de transporte con conductor está relacionado con el transporte y se incluye en esta actividad. Las Comunicaciones comprende telefonía, fax, correspondencia escrita, mensajes, etc. (p.21-22)

- Cobertura

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) Rev.3, la actividad Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones, tiene la siguiente cobertura:

División 60: Transporte por vía Terrestre; transporte por tuberías.

División 61: Transporte por vía Acuático.

División 62: Transporte por vía Aéreo.

División 63: Transporte Complementarias y Auxiliares, Actividades de Agencias de Viaje.

División 64: Correo y Telecomunicaciones.

- Fuentes de información
- Encuesta Económica Anual de Transportes y Comunicaciones
- Estados Financieros de ENAFER, CORPAC, EMAPE y ENAPU
- Boletín Estadístico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Encuesta Económica Anual de Agencias de Viajes y Turismo
- Encuesta Anual de Operadores de Servicio Postal (p.22)

Ahora aplicando la metodología de cálculo,

- Valor Bruto de Producción

Para las estimaciones del Valor Bruto de la Producción (VBP) a valores constantes de 1994 se procede a extrapolar el Valor Bruto de la Producción del año base mediante un índice de volumen físico, o deflactar el Valor Bruto de la Producción a valores corrientes con un índice de precio.

Para el caso de Transporte de Ferrocarril se extrapola a partir de sus datos de pasajeros y carga transportada, para Oleoducto se cuenta con barriles transportados, para el Transporte Acuático se cuenta con carga transportada (TM) es decir, para estas actividades se cuenta con Índices de Volumen.

Para los demás sectores como Transporte Aéreo, Transporte de Pasajeros Terrestre, Telecomunicaciones, etc., los valores corrientes se deflactan utilizando índices de precios estimados para cada uno de ellos obtenidos del Índice de Precios al Consumidor (IPC).

En el cálculo del Valor Bruto de Producción corriente se toma la información de las Encuestas Económicas Anuales (EEA) por clase CIU, la cual se consolida en los estratos Grande, Mediano y Pequeño establecidos en el año 1994; de éstos se obtienen los índices de valor de la información muestral, los cuales se utilizan para medir la producción del sector. (p.22)

- Consumo Intermedio

La medición del Consumo Intermedio para el año base 1994, se realizó a partir de estudios detallados de los costos registrados en la Encuesta

Económica Anual de los servicios de Transportes y Comunicaciones, así como, de los análisis de los procesos de producción de los establecimientos de esta actividad. En base a estos elementos se elaboraron coeficientes técnicos, los cuales fueron aplicados al valor bruto de producción constantes para los años de serie.

El nivel de Consumo Intermedio a precios corrientes se determina a partir de la estructura de costos de la EEA y a través de la evolución de los principales insumos de la actividad. (p.22)

- Valor Agregado

El Valor Agregado a valores corrientes y constantes, definido como la retribución a los factores que han intervenido en el proceso productivo, resulta de la diferencia entre el Valor Bruto de la Producción y su Consumo Intermedio. Los componentes se obtuvieron a partir de la Encuesta Económica Anual que permite observar cada variable en forma desagregada. Los componentes son los siguientes, remuneraciones a los trabajadores, impuestos a los productos, consumo de capital fijo y excedente de explotación. (p.22)

Actualmente, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019) ha publicado un informe sobre el Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe, donde detalla sobre Perú lo siguiente:

El crecimiento económico del Perú experimentó una desaceleración en 2019: alcanzó un 2,3%, en comparación con el 4,0% en 2018. Ello se debió a un empeoramiento de las condiciones externas e internas. En lo referente a las exportaciones tradicionales, ha habido una menor demanda externa, precios más bajos y eventos transitorios que han reducido el volumen de la producción primaria (minera, hidrocarburos y pesca). A estos choques en la producción, que han enfriado el ritmo de crecimiento de la actividad, cabe agregar en el plano interno el exiguo crecimiento del gasto público. Este se ha visto limitado en el ámbito de la inversión por el cambio de autoridades subnacionales y, en lo que respecta al gasto público, por la decisión de mantenerse en la senda de la consolidación fiscal (a saber, reducir el déficit al 1,0% del PIB en 2021). En conjunto, estos hechos han dado lugar a un menor dinamismo del mercado laboral, lo que a su vez ha llevado a una desaceleración del consumo, que sin embargo se ha mostrado más resiliente que la producción (en parte, gracias al

crédito al consumo y a la inmigración). En contraposición, la inversión privada se ha expandido, gracias al empuje de la inversión minera y de la construcción (13,0% del PIB). Por su parte, las importaciones se han visto reducidas, en consonancia con la ralentización de la actividad. Ello, sumado a la contracción de las exportaciones, ha dado lugar a una reducción del superávit en la balanza de bienes y a un aumento moderado del déficit en cuenta corriente. No obstante, gracias a los dinámicos flujos de inversión extranjera (dirigidos hacia proyectos de inversión minera en proceso de construcción), a unas condiciones financieras internacionales favorables y a la saneada posición financiera del país (que han permitido al país emitir bonos a tasas bajas en moneda local), ha sido posible financiar el déficit de cuenta corriente y acumular reservas. (p.1)

### **2.2.3. Tipos de tránsito**

#### ✓ Según el periodo

Según el periodo de tiempo del estudio de tráfico podemos clasificar en los siguiente:

- Tránsito Anual: Consiste en la cantidad de vehículos que pasan en un año, esto generará el tráfico promedio diario anual.
- Tránsito Mensual: Es la cantidad de vehicular que pasan sobre una vía en un mes, esto generará el tráfico promedio diario mensual.
- Tránsito Semanal: Es el número de vehículos que pasan por una determinada vía durante una semana.
- Tránsito Diario: Es el número total de vehículos que pasan en un día en una determinada vía.
- Tránsito Horario: Es el número total de vehículos que pasan en una hora.

#### ✓ Según su Naturaleza

Según su naturaleza podemos clasificar el tránsito de la siguiente manera:

##### - Tránsito Normal (Tn):

Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto. Es calculado aplicando las tasas de crecimiento, obtenidas a través del análisis por métodos estadísticos del tránsito del pasado. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 48).

- Tránsito Generado (Tg): Una vez que una vía o carretera se crea, se habilita o se mejora; aparecerá en los primeros meses el tráfico que anteriormente no se encontraba, ya sea porque no existía una vía o porque se encontraba en un estado no transitable; entonces se puede decir que “el tránsito generado o inducido es el tránsito consecuente de las facilidades creadas por la construcción o mejoramiento de una carretera, sin los cuales no sería originado”. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 49).

- Tránsito Atraído:

El Tránsito Atraído o Tránsito Desviado es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (tránsito atraído), a la carretera proyectada (nueva o mejorada) en virtud de un menor costo de transporte. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 49).

- Tránsito Proyectado:

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y comunicaciones (2008), en su manual nos indica que podemos dividir en dos el tránsito proyectado; en los vehículos de pasajeros que crecerá de acuerdo a la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección para los vehículos de carga que crecerá de acuerdo a la tasa de crecimiento de la economía.

El tránsito proyectado lo podemos calcular de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1}$$

En la que:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

$T_o$  = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

$n$  = Años del período de diseño.

$i$  = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

#### **2.2.4. Selección de Sitios de Conteo**

De acuerdo con el Ministry of Works and Transport (2004) nos indica que la selección de la ubicación para realizar el conteo se debe determinar en campo, en el caso que se utilice un sistema de conteo automático se debe tener la

ubicación exacta del equipo a usarse. Para una buena ubicación se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

- ✓ La ubicación del camino debe ser uniforme con respecto a la geometría y alejado de los cruces.
- ✓ Debe ser una zona plana y geoméricamente recta.
- ✓ Tener un lugar donde haya un flujo vehicular que no sea interrumpido.
- ✓ Sección donde las señales telefónicas puedan ser accesibles o se instalados, según sea el caso.
- ✓ Tener una sección donde se evite el paso de peatones y/o animales.
- ✓ Sección en el que se cumpla con todos los requerimientos de seguridad.
- ✓ En el caso que se desee realizar un conteo vehicular en zonas urbanas, se debe tener mucho más cuidado con respecto a la elección del lugar de conteo.

#### **2.2.5. Frecuencia de Conteos de Tráfico**

De acuerdo con el Ministerio de Obras y Transporte de Botswana (2004) para poder determinar el volumen del flujo de tráfico que hay en una carretera, debemos tener en cuenta que el flujo es dinámico y variado en cada momento. Hay 3 variaciones cíclica que son de gran importancia.

##### a) Patrón Horario:

Nos brinda un concepto de cómo se comporta el tráfico durante el día y la noche. Existen picos distinguibles en el caso particular de las zonas urbanas en el cual se visualiza un gran pico en las primeras horas de la mañana y luego comienza a descender hasta finalizar las horas de la tarde en la que también se forma un nuevo pico. En el caso del pico de la mañana se puede ver que es más agudo y se llega alcanzar en un corto periodo de tiempo. El pico de la tarde es un poco más holgado y se dispersa en un periodo más largo a comparación del de la mañana. Este mismo caso sucede en varias ciudades principales de distintos lugares del mundo, el flujo vehicular crece con el tiempo, pero las variaciones de tráfico durante el día son bastante consistentes con el pasar de los años. (Ver Figura N°7)

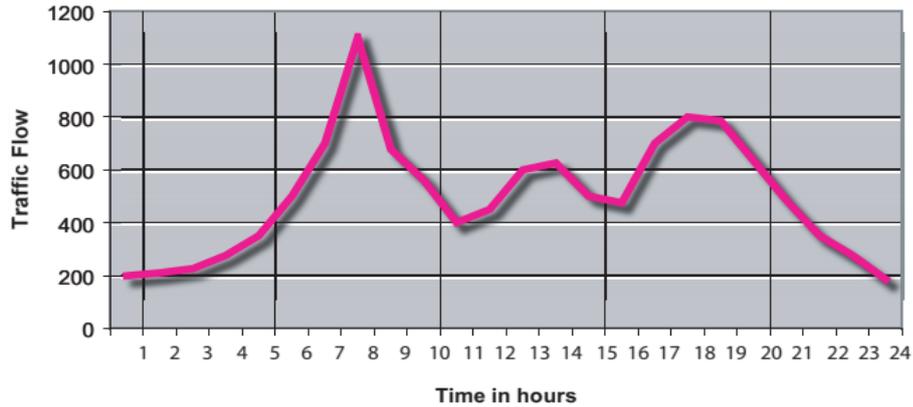


Figura N° 7: Variación de Flujo Máximo de Tráfico

Fuente: Ministry of Works and transport, 2004, p.22

b) Patrón Diario:

Este patrón nos brinda información de cómo es el flujo de tráfico durante la semana, si bien durante los días hábiles el volumen tráfico no varía demasiado, en el fin de semana varía en distintos tipos de carretera y en distintas direcciones. En el caso particular de Botswana la población viaja a las zonas rurales durante los fines de semana.

Este es en el caso particular de Botswana, pero se puede tomar como referencia en caso de Perú donde el tráfico es congestionado durante los días hábiles, pero los fines de semana se reduce considerablemente. (Ver Figura N°8)

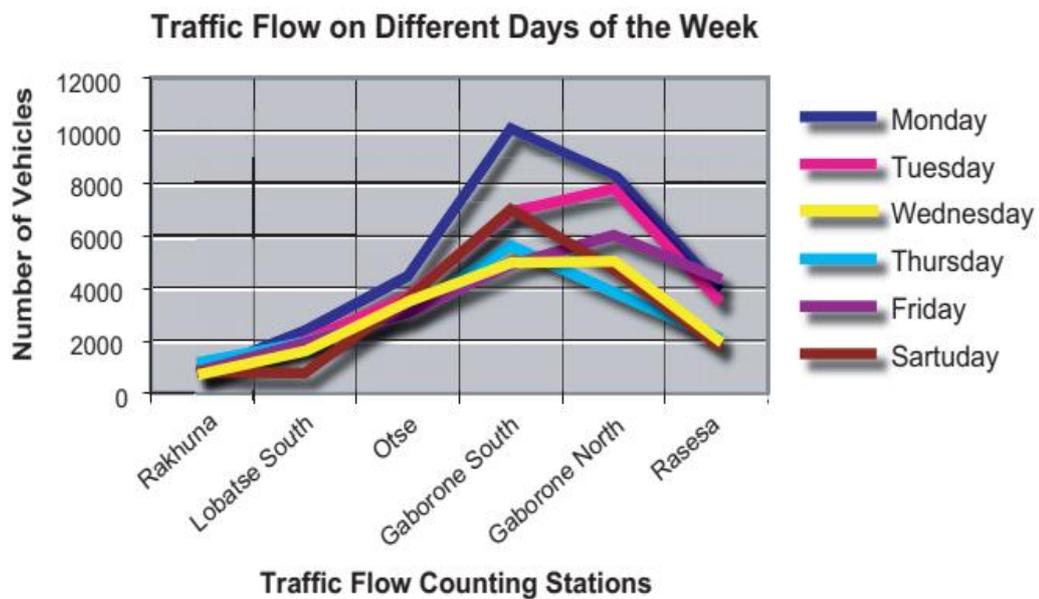


Figura N° 8: Variaciones Diarias de Flujo de Tráfico

Fuente: Ministry of works and transport, 2004, pag. 23

c) Patrones mensuales y anuales:

En este patrón se verá reflejada la variación del flujo de tráfico durante el cambio estacional, en este caso puede variar dependiendo que tanto afectará las temporadas de lluvia, y/o temporadas secas de una determinada zona, este cambio tendrá un comportamiento en particular de cada zona vial en estudio.

### 2.2.6. Volumen de tránsito

Según Cal y Mayor & Cárdenas (2007) nos indica que tenemos cuatro conceptos que están relacionadas entre sí que incluso tienen las mismas unidades, pero que no son lo mismo:

- El volumen: Se conoce como volumen de tránsito a la cantidad de vehículos que pasan por una determinada vía en un periodo de tiempo y lo podemos expresar como:

$$Q = N / T$$

Donde:

Q: Es el número de vehículos que pasan por unidad de tiempo

N: Es el número de vehículos que pasan.

T: Es el periodo determinado (Unidad de tiempo)

- Tasa de flujo: Es determinado como la frecuencia que pasan los vehículos en un tiempo menor de una hora.
- La demanda: Es determinado como el número de vehículos que desean pasar por un punto en un tiempo en específico.
- La capacidad: Se determina como el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto en específico en un tiempo determinado

Tenemos en conocimiento la relación entre el volumen de tránsito y los diseños de proyectos viales, es por esa razón la importancia de un estudio de tráfico, saber el comportamiento de estos, los tipos de vehículos que circulan, conocer las características socioeconómicas de los usuarios, características particulares del vehículo y las formas de explotación de estos.

En la Figura N°9 se evidencia que en la parte a), la demanda D medida en el 1 corriente arriba no es igual al volumen Q medido en el punto 2, debido a que se distorsiona por las limitaciones de capacidad y presencia de intersecciones a medida que se avanza corriente abajo; en la parte b), en las cercanías de los puntos de medición (punto 1 y 3) se encuentra un “cuello de botella” de

capacidad C (punto 2), de tal manera que el volumen observado Q en el punto 3 refleja la descarga corriente abajo más no la demanda D corriente arriba en el punto 1.

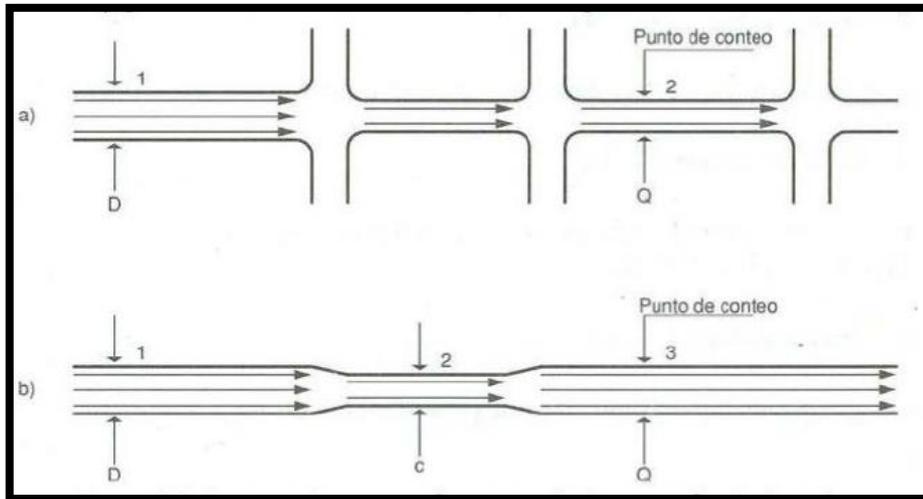


Figura N° 9: Situaciones según lugar de conteo

Fuente: Cal y Mayor Reyes & Cárdenas Grisales, 2007, p.169

### 2.2.6.1. Volúmenes de Tránsito Promedios Diarios

De acuerdo con Cal y Mayor & Cárdenas (2007), nos muestra que estos volúmenes se definen como la cantidad de vehículos que pasan en un periodo determinado, ya sea diario, mensual o anual, y este valor se podría representar de la siguiente manera:

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

En la ecuación anterior, N representa al número de vehículos que circulan en una determinada vía en un periodo T.

En la tabla N°13 nos muestra fórmula para determinar el IMD según el periodo.

Tabla N° 13: Tránsito y periodo

Tránsito Según el Periodo	Fórmula
Tránsito Promedio Diario Anual (IMDA)	$TPDA = \frac{TA}{365}$
Tránsito Promedio Diario Mensual (IMDM)	$TPDM = \frac{TM}{30}$
Tránsito Promedio Diario Semanal (IMDS)	$TPDS = \frac{TS}{7}$

Fuente: Ingeniería de Tránsito, 2007, p. 171

### 2.2.7. Clasificación de vehículos

En la actualidad tenemos diversos manuales que clasifican a los vehículos de acuerdo a las características del vehículo, el número de ejes que esta puede tener o su capacidad de carga y también tenemos la clasificación vehicular de acuerdo al Manual del MTC. De acuerdo a los manuales Internacionales tenemos la siguiente clasificación:

- Según AASHTO:

De acuerdo con AASHTO (1993), nos indica que se puede clasificar en 13 tipos: (ver Figura N°10)

1. Motocicleta
2. Automóviles
3. Pick up
4. Ómnibus
5. Camiones simples, 2 ejes, 6 ruedas
6. Camiones simples, 3 ejes
7. Camiones simples, 4 o más ejes
8. Camiones semirremolques de 4 o menos ejes
9. Camiones semirremolques de 5 ejes
10. Camiones semirremolque de 6 o más ejes
11. Camiones c/acoplado de 5 o menos ejes
12. Camiones c/acoplado de 6 ejes
13. Camiones c/acoplado de 7 o más ejes

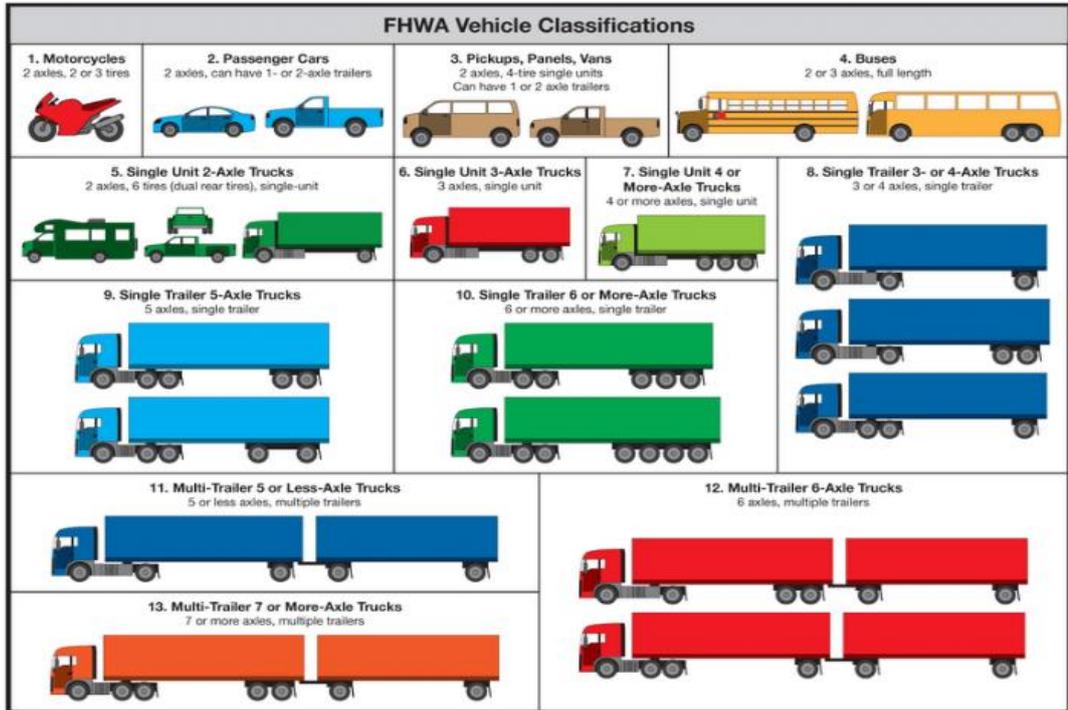


Figura N° 10: Clasificación de vehículos (F.H.W.A)

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Clasificacion-vehicular-propuesta-por-la-Federal-Highway-Administration\\_fig2\\_327559132](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Clasificacion-vehicular-propuesta-por-la-Federal-Highway-Administration_fig2_327559132)

- Según SCT:

Según la Secretaría de comunicaciones y transportes (2016), indica que la clasificación vehicular va a depender si estos transportan pasajeros o carga. Este criterio se debe a la diferencia de pesos y el daño que puede generar en el pavimento y de acuerdo a esta clasificación se dividen en las siguientes categorías: (ver Figura N°11)

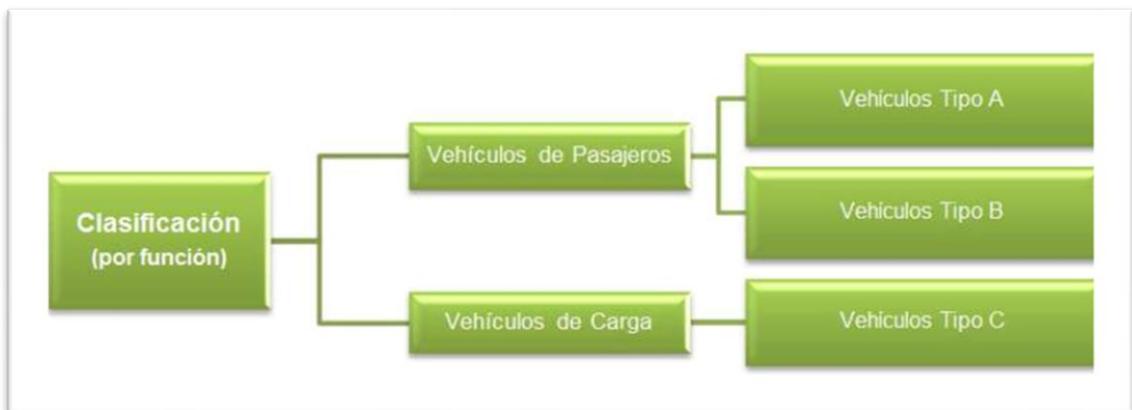
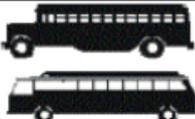


Figura N° 11: Diagrama de categorías vehiculares

Fuente: Secretaría de comunicaciones y transporte, 2016, p.97.

De acuerdo a la Figura N°11 con la clasificación vehicular de acuerdo al peso de estos, obtenemos lo siguiente:

Tabla N° 14: Tipos de autobuses

<b>AUTOBÚS (B)</b>			
<b>Nomenclatura</b>	<b>Número de ejes</b>	<b>Número de llantas</b>	<b>Vehículo</b>
B2	2	6	
B3	3	8 o 10	
B4	4	10	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2017, p.16.

Tabla N° 15: Tipos de camiones

<b>CAMIÓN UNITARIO (C)</b>			
<b>Nomenclatura</b>	<b>Número de Ejes</b>	<b>Número de Llantas</b>	<b>Vehículo</b>
C2	2	6	
C3	3	8 - 10	
<b>CAMIÓN REMOLQUE (C - R)</b>			
C2 - R2	4	14	
C3 - R2	5	18	
C2 - R3	5	18	
C3 - R3	6	22	

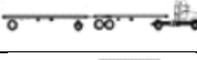
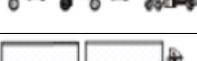
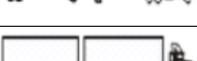
Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2017, p.17.

Tabla N° 16: Tipos de tractocamion

<b>TRACTOCAMIÓN ARTICULADO (T-S)</b>			
Nomenclatura	Número de Ejes	Número de Llantas	Configuración del Vehículo
T2 – S1	3	10	
T2 – S2	4	14	
T2 – S3	5	18	
T3 – S1	4	14	
T3 – S2	5	18	
T3 – S3	6	22	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2017, p.17.

Tabla N° 17: Tipos de Tractocamión Semirremolque

<b>TRACTOCAMIÓN SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T.S-R)</b>			
Nomenclatura	Número de Ejes	Número de Llantas	Configuración del Vehículo
T2 – S1 – R2	5	18	
T2 – S2 – R2	6	22	
T2 – S1 – R3	6	22	
T3 – S1 – R2	6	22	
T3 – S1 – R3	7	26	
T3 – S2 – R2	7	26	
T3 – S2 – R3	8	30	
T3 – S2 – R4	9	34	
T2 – S2 – S2	6	22	
T3 – S2 – S2	7	26	

TRACTOCAMIÓN SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T.S-R)			
Nomenclatura	Número de Ejes	Número de Llantas	Configuración del Vehículo
T3 – S3 – S2	8	30	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2017, p.18.

- Según método USACE:  
De acuerdo con USACE (2004) nos indica que esta es la clasificación inglesa en la que tienen características particulares ya que consideran en su gran mayoría a vehículos militares. (ver Figura N°12)

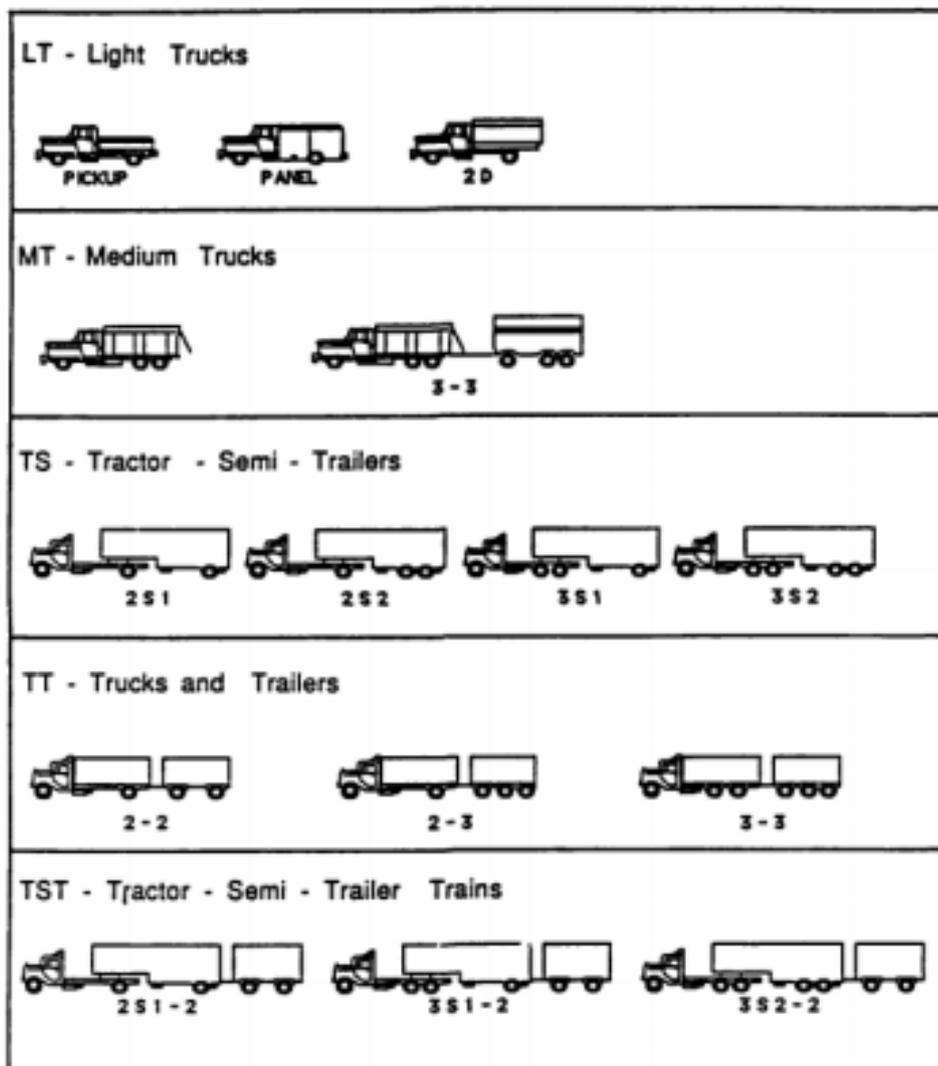


Figura N° 12: Clasificación según USACE

Fuente: Headquarters, Department of the Army (2004)

- Según AUSTROADS  
Según Austroads (2008), nos mencionan su clasificación de vehículos en la tabla N°18:

Tabla N° 18: Clasificación de vehículos según Austroads

Clase	Longitud	Ejes y grupos de ejes		Tipo de vehículo
	Tipo	Ejes	Grupos	Descripción
<b>Vehículos ligeros</b>				
<b>1</b>	Corto hasta 5.5m	2	1 o 2	Wagon, 4WD, Camioneta Ligera, Bicicleta, Motocicleta, etc
<b>2</b>		3, 4 o 5	3	Remolque, Caravana, etc.
<b>Vehículos pesados</b>				
<b>3</b>	Medio de 5.5m a 14.5	2	2	Camión o Autobús de dos ejes
<b>4</b>		3	2	Camión o Autobús de tres ejes
<b>5</b>		>3	2	Camión de cuatro ejes
<b>6</b>	Largo de 11.5m a 19m	3	3	Vehículo articulado de 3 ejes o vehículo rígido y remolque
<b>7</b>		4	>2	Vehículo articulado de 4 ejes vehículo rígido y remolque
<b>8</b>		5	>2	Vehículo articulado de 5 ejes vehículo rígido y remolque
<b>9</b>		6 >6	>2 3	Vehículo articulado de 6 ejes vehículo rígido y remolque
<b>10</b>	Combinación Media de 17.5m a 36.5m	>6	4	B Doble, Camión pesado y Remolque
<b>11</b>		>6	5 o 6	Tren de doble carretera, Tren de doble vía, o Camión pesado y dos remolques

Clase	Longitud	Ejes y grupos de ejes		Tipo de vehículo
	Tipo	Ejes	Grupos	Descripción
12	Combinación Larga Más de 33m	>6	>6	Tren de carretera triple, Camión pesado y Tres remolques

Fuente: Austroads, 2008, p.84.

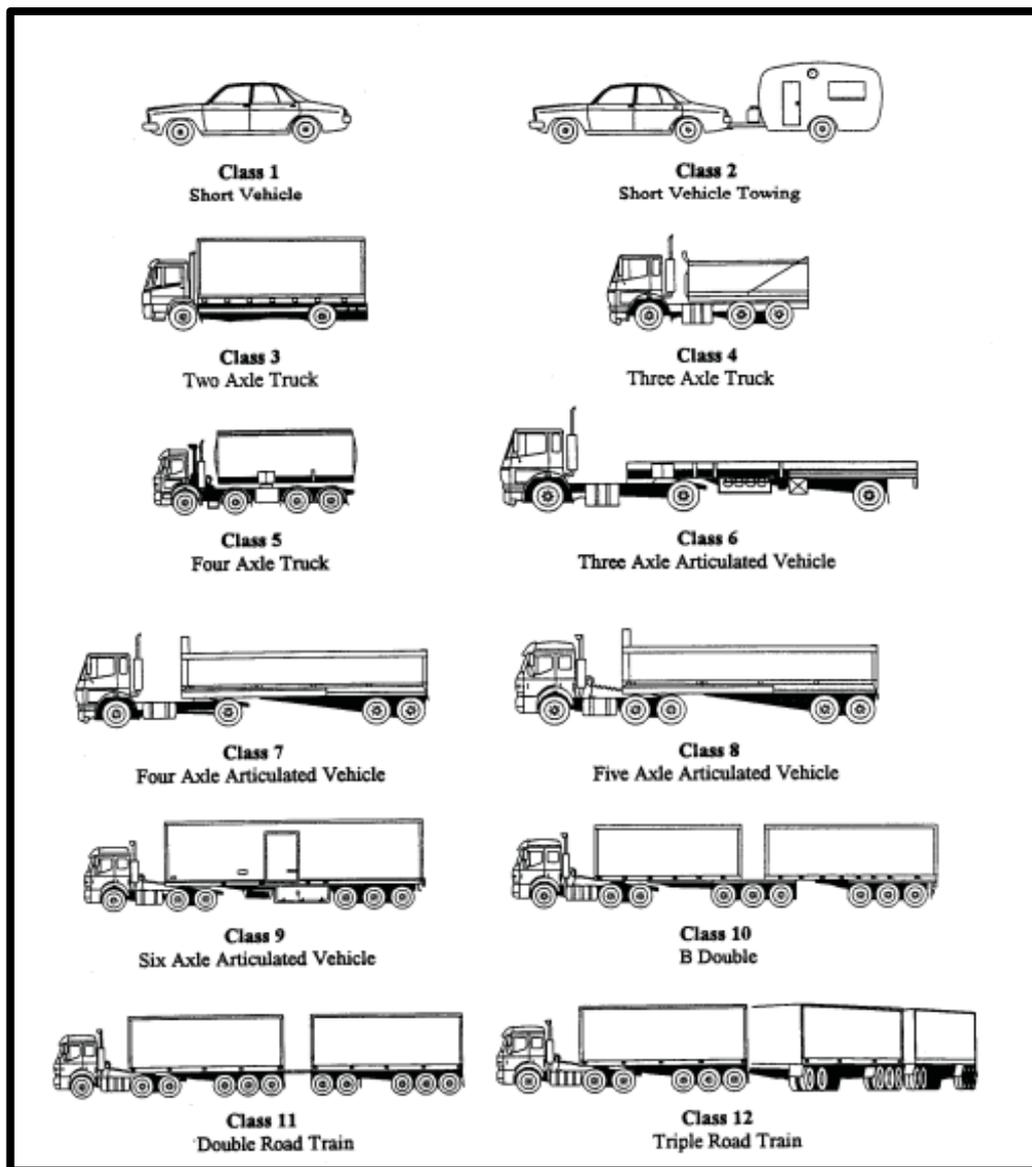
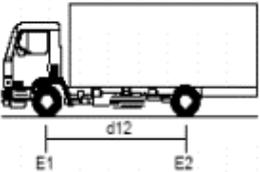
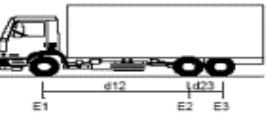
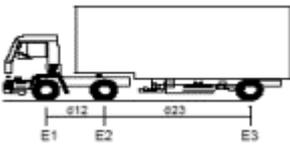
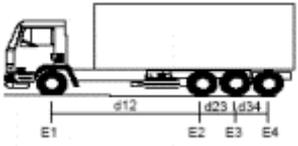
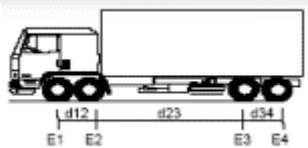


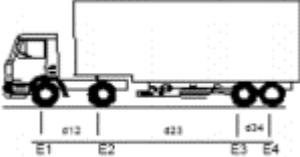
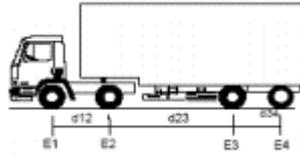
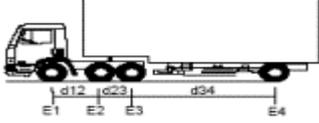
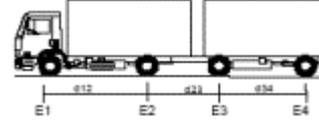
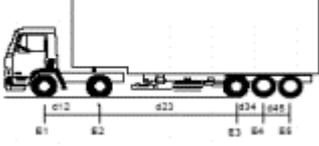
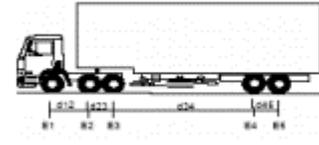
Figura N° 13: Vehículos dominantes en cada clase de Austroads

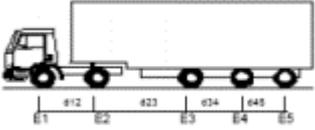
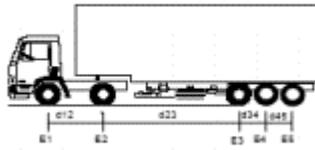
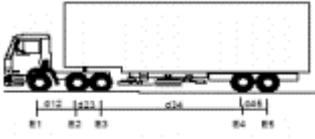
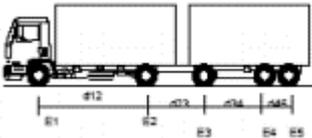
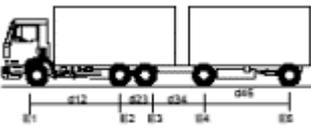
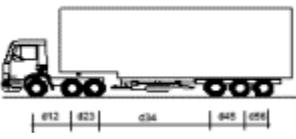
Fuente: Austroads, 2008, p.85

- Según el Manual de Estudio de Tráfico de Brasil  
De acuerdo con el Departamento Nacional de Infra-Estructura de Transportes (2006), realizan una clasificación vehicular según el número de ejes de sus vehículos tal como se muestran en la Tabla N°19

Tabla N° 19: Clasificación Vehicular según el Manual de Brasil

Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	2	<b>CAMIÓN</b> E1 = eje único (ES), recorrido único (RS), carga máxima (CM) = 6t o capacidad declarada por el fabricante del neumático E2 = ES, doble funcionamiento (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50$ m	2C
	3	<b>CAMIÓN CON CAMIÓN</b> E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de ejes en TD doble tándem, CM = 17t $d12 > 2,40$ m $1,20$ m $< d23 \leq 2,40$ m	3C
	3	<b>TRACTOR + SEMI CAMIÓN REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40$ m	2S1
	4	<b>CAMIÓN SIMPLE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de ejes tándem triple TT; CM = 25,5 t $d12 > 2,40$ $1,20$ m $< d23, d34 \leq 2,40$ m	4C
	4	<b>CAMIÓN DOBLE DIRECCIONAL CAMIÓN</b> E1E2 = conjunto de ejes direccionales CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20$ m $< d34 \leq 2,40$ m	4CD

Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	4	<b>TRACTOR + SEMI CAMIÓN REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d_{12}, d_{23} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 \text{ m} < d_{34} \leq 2,40 \text{ m}$	2S2
	4	<b>CAMIÓN TRACTOR + SEMI REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40 \text{ m}$	2I2
	4	<b>CAMIÓN + SEMI REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{34} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 < d_{23} \leq 2,40$	3S1
	4	<b>CAMIÓN + REMOLQUE</b> $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40 \text{ m}$ <b>CAMIÓN TRACTOR + SEMI REMOLQUE</b> $d_{12}, d_{23} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 \text{ m} < d_{34}, d_{45} \leq 2,40 \text{ m}$	2C2
	5	<b>CAMIÓN TRACTOR + SEMI REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t $d_{12}, d_{23} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 \text{ m} < d_{34}, d_{45} \leq 2,40 \text{ m}$	2S3
	5	<b>CAMIÓN + SEMI REMOLQUE</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t $d_{12}, d_{34} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 \text{ m} < d_{23}, d_{45} \leq 2,40 \text{ m}$	3S2

Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	5	CAMIÓN TRACTOR + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	2I3
	5	CAMIÓN TRACTOR + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2J3
	5	CAMIÓN + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I2
	5	CAMIÓN + REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	CAMIONETA + REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	CAMIÓN + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3

Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	6	CAMIÓN + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3I3
	6	CAMIÓN + SEMI REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m $1,20m < d23, d56 \leq 2,40m$	3J3
	6	CAMIONETA + REMOLQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m $1,20m < d23, d56 \leq 2,40m$	3C3
	6	CAMIÓN TRACTOR E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t $1,20m < d23 \leq 2,40m$ . La CMT del conjunto variará según el capacidad del semirremolque, al menos 10 toneladas hasta, como máximo, el límite legal de 4r tonelada.	X
	6	ROMEO E JULIETA (camión + remolque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m $1,20m < d23, d56 \leq 2,40m$	3D3
	7	ROMEO E JULIETA (camión + remolque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m $1,20m < d23, d45, d67 \leq 2,40m$	3D4

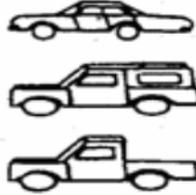
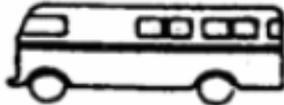
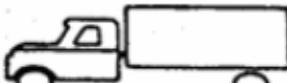
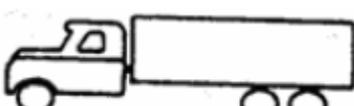
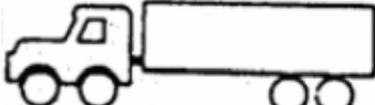
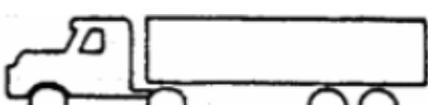
Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	7	<p>TREN BI ARTICULADO (camión tractor trucado + dos semirremolques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 &gt; 2,40m 1,20m &lt; d23, d45, d67 ≤ 2,40m</p>	3D4
	7	<p>TREN (camión + dos remolques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t, E4 = ED, RD, CM 10t, E5 = ED, RD, CM 10t, E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t, d12, d34, d56, d67 &gt; 2,40m 1,20m &lt; d23 ≤ 2,40m</p>	3Q4
	9	<p>TRI TREM (Tractocamión Trucado + tres semirremolques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t, E4E5 = TD, CM 17t, E6E7 = TD, CM 17t, E8E9 = TD, CM 17t, d12, d34, d56, d78 &gt; 2,40m 1,20m &lt; d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m</p>	3T6
	9	<p>RODOTREM (camión tractor trucado + dos semirremolques sun dolly) E1 = ES, RS, CM 6t, E2E3 = TD, CM 17t, E4E5 = TD, CM 17t, E6E7 = TD, CM 17t, E8E9 = TD, CM 17t, d12, d34, d56, d78 &gt; 2,40m 1,20m &lt; d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m</p>	3T6
	2	<p>AUTOBÚS E1 = ES, RS, CM 6t o capacidad declarado por el fabricante de neumáticos E2 = ED, RD, CM 10t. d12 ≤ 3,50m</p>	2CB

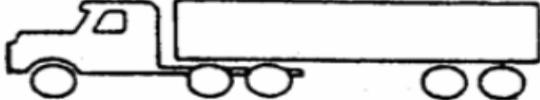
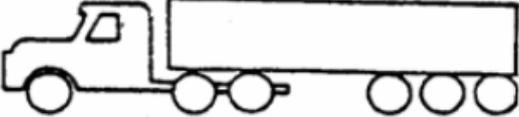
Vehículo	Número de ejes	Descripción	Clase
	3	<b>AUTOBÚS CON CAMIONES</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de ejes tándem dobles con 6 neumáticos, carga máxima 13,5 t $d_{12} > 2,40m$ $1,20 < d_{23} \leq 2,40m$	3CB
	4	<b>AUTOBUSES DOBLES DIRECCIONALES</b> E1E2 = conjunto de ejes direccionales, carga máximo 12 toneladas E3E4 = conjunto de ejes tándem dobles con 6 neumáticos, carga máxima 13,5 t $1,20 < d_{34} \leq 2,40m$	4CB
	3	<b>AUTOBUSES URBANOS ARTICULADOS</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23} > 2,40 m$	2SB1
	4	<b>AUTOBÚS URBANO BIARTICULADO</b> E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40 m$	2IB2

Fuente: Manual de Brasil, 2006, p51-55

- Según el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías de Bajo Volúmenes de Tránsito  
De acuerdo con Ministerio de Transporte de Colombia (2007), nos indica la clasificación vehicular según se muestra en la Tabla N°20

Tabla N° 20: Clasificación vehicular según el Manual de diseño de Pavimentos Asfálticos para vías de Bajo Volúmenes de Tránsito

TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
Autos		
Buses	Buseta	
	Buseta	
	Bus Metropolitano	
C2-P	Camión de dos ejes pequeños	
C2-G	Camión de dos ejes grandes	
C3 Y C4	Camión C3	
	Camión C4	
	Tractor - camión C2-S1	
	Tractor - camión C2-S2	

TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
	Tractor - camión C3-S1	
C5	Tractor - camión C3-S2	
> C5	Tractor - camión C3-S3	

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías de Bajo Volúmenes de Tránsito, 2007, p.12

- Según el Manual DG-2018

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), en el Manual diseño geométrico de carreteras, clasifica a los vehículos de una manera particular comparado con los manuales mencionados anteriormente, se clasifica de acuerdo a la carrocería del vehículo. (ver Tabla N°21)

Tabla N° 21: Clasificación Vehicular Según el Manual DG-2018

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DEFINICIÓN	GRÁFICO REFERENCIAL
	L1	Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.	
	L2	Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.	

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DEFINICIÓN	GRÁFICO REFERENCIAL
L	L3	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm <sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h.	
	L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> ó una velocidad mayor de 50 km/h.	
	L5	Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.	
	M1	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.	

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DEFINICIÓN	GRÁFICO REFERENCIAL
M	M2	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.	
	M3	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.	
N	N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.	
	N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.	

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DEFINICIÓN	GRÁFICO REFERENCIAL
	N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.	
O	O1	Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.	
	O2	Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.	
	O3	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.	
	O4	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.	
S	SA	Casas rodantes	
	SB	Vehículos blindados para el transporte de valores	

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DEFINICIÓN	GRÁFICO REFERENCIAL
	SC	Ambulancias	
	SD	Vehículos funerarios	

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, 2018, p. 93

### 2.2.8. Diseño geométrico

Para realizar el diseño geométrico de carreteras se necesitan ciertos estudios preliminares, como por ejemplo la orografía del terreno, geodesia y topografía, hidrología, hidráulica, drenaje, geología y geotecnia, ingeniería ambiental, seguridad vial, reconocimiento del terreno, derecho de vía entre otros; todos ellos en conjunto permiten establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto. Ahora para el diseño netamente, se tiene que hacer un estudio de tráfico (IMDA), selección del vehículo de diseño, la velocidad de diseño, el radio mínimo y máximo de giro, el crecimiento del tráfico y demás parámetros que el proyectista deberá cumplir según la normal de diseño geométrico 2018 que es la que rige en Perú.

Según el Ministerio de Transporte (2018) en su Manual de diseño geométrico de Carreteras DG-2018, clasifica a las carreteras según su demanda de la siguiente manera.

- Autopistas de Primera Clase:

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, las calzadas de este tipo de autopistas están divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, presenta control de ingresos y salidas que proporcionan flujos vehiculares continuos. La superficie

de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

- Autopistas de Segunda Clase:

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, para este tipo de autopistas las calzadas están divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 12).

- Carreteras de Primera Clase:

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

- Carreteras de Segunda Clase:

Son carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12)

- Carreteras de Tercera Clase:

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones

denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12)

- Trochas Carrozables:

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 13).

Algunos de los elementos importantes para el diseño geométrico son los siguientes:

### 2.2.8.1. Calzada

De acuerdo con Kraemer (2003), nos indica que es la plataforma donde transitarán los vehículos, en el mejor de los casos es recomendable que la superficie esté pavimentado, claro está que para caminos de bajovolumen, existen lugares en la que se encuentran en condiciones de afirmado o suelo nativo.

Esta calzada suele dividirse en franjas paralelas llamadas carriles con un ancho suficiente para que transite un vehículo. (ver figura N°14)

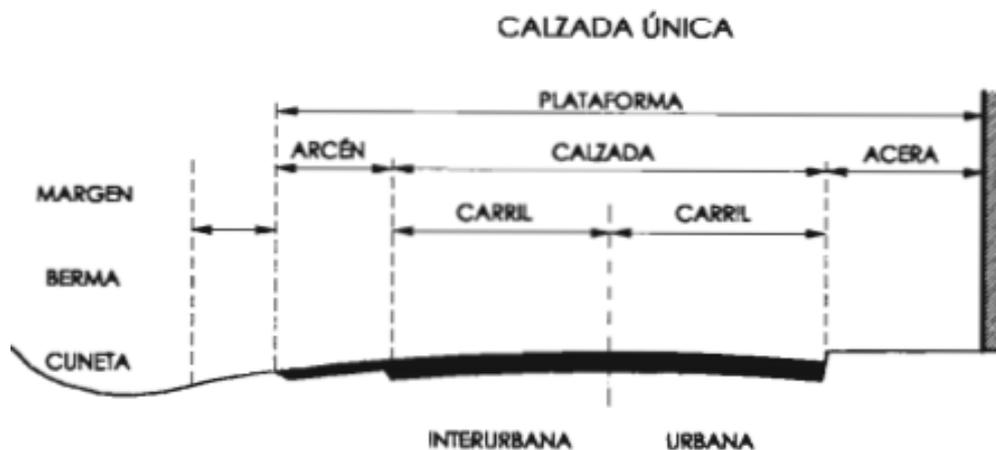


Figura N° 14: Elementos de una calzada

Fuente: Ingeniería de Tránsito, 2003, p.256

Los carriles por lo general tienen el mismo ancho en una misma calzada, las consideraciones que se toma para determinar el ancho de los carriles son:

- La separación que existe entre vehículos será un tanto mayor, si en el ancho del carril también es mayor. Esto puede ayudar al tener un mayor margen para disminuir las desviaciones aleatorias respecto a sus trayectorias.
- Si tenemos un ancho de carril mayor, entonces también se tenderá a tener una velocidad mayor.

#### **2.2.8.2. Inclinación Transversal**

Es importante que para poder evacuar la lluvia de la calzada exista una pendiente transversal en la vía.

En las carreteras con una sola calzada es común ver una ligera inclinación del centro a los bordes del pavimento, denominado también bombeo.

Para tener una correcta evacuación es necesario que la pendiente transversal sea superior al 1 – 1.5 por ciento, en lugares donde las precipitaciones son de gran intensidad se recomienda que sean mayor del orden 2 – 2.5 por ciento. En pavimentos con mayores irregularidades se necesitan mayor pendiente hasta un 4 por ciento. Los valores de estas pendientes no pueden ser muy altos ya que se verán muy peraltados en el centro de la calzada y se verá cambios bruscos cuando se quiera pasar de un carril a otro en el caso de adelantar, por ejemplo. Generalmente en las curvas es donde varía un poco la pendiente transversal que dependerá de la distancia recorrida. (ver figura N°15)

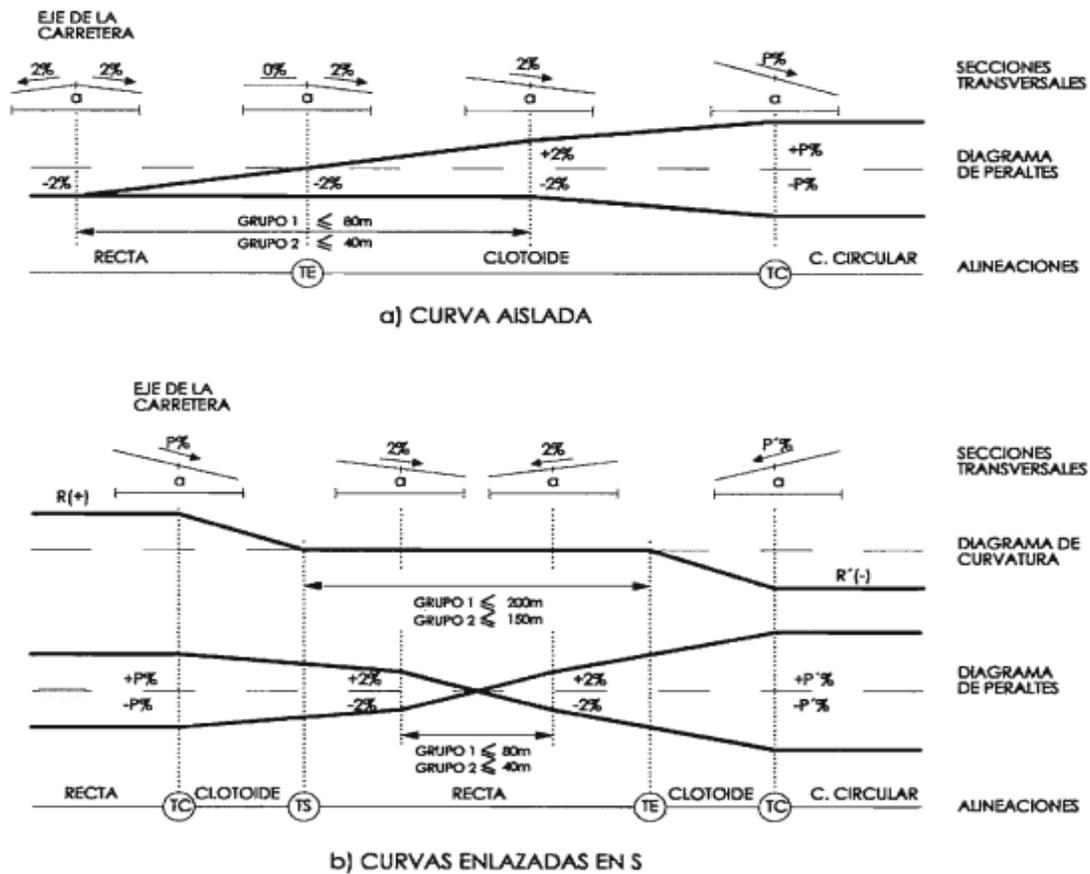


Figura N° 15: Pendiente transversal en curvas

Fuente: Ingeniería de Tránsito, 2003, p.261

De acuerdo con AASHTO (2011) nos da a entender que para el adecuado diseño geométrico es importante conocer las características físicas y proporciones de varios vehículos que utilizarán la vía, por ello es recomendable realizar agrupaciones por tipo de vehículos y escoger a los representativos dentro de cada clase para el diseño.

Estos vehículos con dimensiones, pesos y características representativas, serán los vehículos de diseño. Por propósitos de diseño geométrico el vehículo de diseño será el que tiene mayores dimensiones físicas y un radio de giro mínimo mayor que los demás, para que de esa manera pueda ser la más desfavorable posible.

A continuación, en la Tabla N°22 se muestra las dimensiones de los tipos de vehículos de diseño según Aashto.

Tabla N° 22: Dimensiones de Vehículos de Diseño

Tipo de vehículo de diseño	Dimensiones							
	Símbolo	Altura	Ancho	Long	WB 1	WB2	WB3	WB 4
Coche de pasajeros	PAGS	1.30	2.13	5.79	3.35	-	-	-
Camión de una sola unidad	SU-9	3.35-4.11	2.44	9.14	6.10	-	-	-
Camión de una sola unidad (3 ejes)	SU-12	3.35-4.11	2.44	12.04	7.62	-	-	-
Autobuses								
Autobús interurbano	BUS-12	3.66	2.59	12.36	7.70	-	-	-
	BUS-14	3.66	2.59	13.86	8.69	-	-	-
Autobús de Tránsito Urbano	AUTOBUS	3.20	2.59	12.19	7.62	-	-	-
Autobús Escolar Convencional	S-BUS 11	3.20	2.44	10.91	6.49	-	-	-
Autobús Escolar Grande	S-BUS 12	3.20	2.44	12.19	6.10	-	-	-
Camiones Combinadas								
Semirremolque Intermedio	WB-12	4.11	2.44	13.87	3.81	7.77	-	-
Semirremolque Interestatal	WB-19	4.11	2.59	21.03	5.94	12.50	-	-
Semirremolque Interestatal	WB-20	4.11	2.59	22.40	5.94	13.87	-	-

Tipo de vehículo de diseño	Dimensiones							
	Símbolo	Altura	Ancho	Long	WB 1	WB2	WB3	WB 4
Semirremolque / Remolque “de doble brazo	WB-20D	4.11	2.59	22.04	3.35	7.01	6.86	-
Semirremolque / Remolque Doble Rocky Mountain	WB-28D	4.11	2.59	29.67	5.33	12.19	6.86	-
Triple Semirremolque / Remolques	WB-30T	4.11	2.59	31.94	3.35	6.86	6.86	6.86
Turnpike Doble Semirremolque y 7 Remolque	WB-33D	4.11	2.59	34.75	3.72	12.19	12.19	-
Vehículos Recreativos								
Casa Rodante	MH	3.66	2.44	9.14	6.10	-	-	-
Remolque para Auto y Caravana	P/T	3.05	2.44	14.84	3.35	-	-	-
Remolque para Coche y Barco	P/B	-	2.44	12.80	3.35	-	-	-
Casa Rodante y Remolque para Barco	MH/B	3.66	2.44	16.15	6.10	-	-	-

Fuente: AASHTO, 2011, p. 2-3

### 2.2.8.1. Radio Mínimo de Giro.

De acuerdo con AASHTO (2011), nos indica que las principales dimensiones que influyen en el diseño son el radio mínimo de giro, el

ancho de la vía, la distancia entre ejes y la trayectoria del neumático trasero interior

El radio de giro de cada vehículo de diseño será definido por la trayectoria que seguirá la rueda exterior delantera y por la rueda interior trasera. Este giro brusco asume que la rueda delantera exterior sigue un arco circular que define el radio de giro mínimo de la línea central determinada.

Los camiones y autobuses necesitarán un radio mínimo de giro mayor a comparación de un vehículo de pasajeros debido a las dimensiones y características del mismo como son la distancia entre ejes, el ancho de los buses, entre otros.

### 2.2.8.2. Velocidad de Diseño.

Según AASHTO (2011) nos indica que es la velocidad que se utiliza para determinar las diversas características de diseño de la calzada, considerando también las condiciones climáticas y el tipo de terreno en el que nos encontremos. Las velocidades de diseño de baja magnitud por lo general son aplicables a carreteras con alineaciones sinuosas, ondulado o montañoso o en el caso particular que las condiciones ambientales así lo exijan, las altas velocidades se dan en aquellos terrenos que tienen una topografía llana y condiciones ambientales favorables.

En la Tabla N°23 podemos ver las velocidades recomendadas de acuerdo a la cantidad de vehículos que pasan por la vía.

Tabla N° 23: Velocidades mínimas de diseño para carreteras rurales locales

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h) de acuerdo a la demanda (Veh/día)					
	Debajo de 50	50 a 250	250 a 400	400 a 1500	1500 a 2000	Encima de 2000
Nivelado	50	50	60	80	80	80
Ondulación	30	50	50	60	60	60
Montañoso	30	30	30	50	50	50

Fuente: AASHTO, 2011, p. 5-2

Las carreteras deben de ser diseñadas para un volumen de tráfico en específico y debe considerarse para el diseño un tránsito proyectado que

por lo general es de 20 años, pero puede variar dependiendo de la naturaleza.

### **2.2.9. Clasificación de transitabilidad**

Según Cal y Mayor Reyes et al. (2007) indican que esta clasificación va a depender de la etapa constructiva de la carretera:

- a) Carretera de tierra o terracerías: Este tipo de vías tienen una superficie de rodamiento de tierra y en su gran mayoría solo pueden ser transitables en épocas secas.
- b) Carretera Revestida: Son aquellas que tienen una superficie de rodadura de afirmado o puede tener una delgada capa de asfalto en este tipo de carreteras se puede transitar todo el año.
- c) Carretera Pavimentada: Es aquella que tiene una superficie de rodadura con tratamiento superficial, ya sea asfalto (pavimento flexible) o de concreto (pavimento rígido).

### **2.2.10. Tráfico y diseño de Pavimentos**

De acuerdo con Austroads (2008) nos indica que el daño que ejerce el vehículo sobre el pavimento no es solo por el peso de este, sino que también influye la distribución que tiene este sobre el mismo. Entonces dependería de lo siguiente:

- ✓ El número de ejes del vehículo.
- ✓ La forma en que estos ejes se agrupan.
- ✓ La carga aplicada al pavimento a través de cada uno de estos grupos de ejes.

### **2.2.11. Ejes equivalentes de carga**

Según el Ministerio de Transporte y comunicaciones (2014), nos da a entender que la información que ha sido levantado con respecto al tráfico servirá de base para poder determinar la proyección del tráfico y establecer el número de ejes equivalentes de diseño para el pavimento.

- ✓ Factores equivalentes de carga.

Según Aashto (1993), indica que se debe transformar un tránsito mixto en un número de ESALS de 8.2t y se basaron en un ensayo que ellos mismos realizaron de manera empírica, que consistió en cargar pavimentos semejantes con distintos tipos de ejes y cargas para saber cuál es el efecto sobre este.

Es de esta manera que el factor equivalente de carga (LEF) se convierte en un valor numérico que nos manifiesta la relación de la pérdida de serviciabilidad por efecto de la carga de un tipo de eje en específico y la producida por el eje estándar de 8.2t en el mismo eje. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de 8.2t que producen una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes de } xTn \text{ que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

El factor equivalente de carga será distinto para cada tipo de pavimento, es de esa manera que los pavimentos rígidos y flexibles tienen distintos tipos de factor equivalente de carga.

De esta forma podemos obtener según los distintos manuales internacionales y por tipo de vehículo los siguientes valores de factor camión.

a) Manual de Aashto:

Según Aashto (1993) nos indica valores de factor camión, pero estos dependerán de la capacidad de servicio terminal (pt) y el número estructural (SN). Para el cálculo del factor camión se tuvo en cuenta un número estructural de 5 y una capacidad de servicio terminal de 2.5.

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla N°24

Tabla N° 24: Factor Camión según Aashto

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR CAMIÓN
Autos	0.0008
Autobuses	0.6806
Pick – ups	0.0122
Camiones de 2 ejes y 6 ruedas	0.1890
Camiones de 3 ejes o más	0.1303
Semirremolque (3 ejes)	0.8646
Semirremolque (4 ejes)	0.6560
Semirremolque (5 ejes o más)	2.3719
Camión Acoplado (5 ejes)	2.3187
Camión Acoplado (6 ejes o más)	2.3187

Fuente: AASHTO, 1993, p. D-28

b) Manual de Austroads:

Según Austroads (2008), nos indican valores de peso por eje de acuerdo al tipo de vehículo y utilizando la fórmula dada en su manual, se puede determinar el valor del factor camión. Estos valores de los pesos por eje son los siguientes: (ver Tabla N°25)

Tabla N° 25: Pesos por eje de los vehículos

Tipo de Vehículo Pesado	% Estimado Cargado	Peso en grupos de ejes (KN)		
		Eje simple con neumáticos individuales	Eje simple con neumáticos Dobles	Eje Tándem con neumáticos dobles
Camión Rígido de 2 ejes<	Completo	52.9	83.3	
	75	49.0	68.6	
	50	44.1	53.9	
	25	39.2	39.3	
	Vacío	34.3	24.5	
Camión Rígido de 3 ejes	Completo	52.9		147.0
	75	49.0		119.1
	50	44.1		91.1
	25	39.2		62.7
	Vacío	34.3		34.3
Camión Articulado de 5 ejes	Completo	39.2		147.0
	75	39.2		120.1
	50	39.2		93.1
	25	39.2		66.6
	Vacío	39.2		39.2
Autobús de 2 ejes	Completo	63.7	83.8	
	50	51.9	75.5	
	Vacío	39.2	68.6	

Fuente: Austroads, 2008, p. 171.

Con en el valor de peso por eje podemos determinar el factor camión de los vehículos mencionados anteriormente. (ver Tabla N°26)

Tabla N° 26: Rango de valores de FC según Austroads

TIPO DE VEHÍCULO	VARIACIÓN DE FACTOR CAMIÓN
Camión Rígido de 2 ejes	0.184 – 2.168
Camión Rígido de 3 ejes	0.180 – 2.398
Camión Articulado de 5 ejes	0.840 – 3.291
Autobús de 2 ejes	0.306 – 1.705

Fuente: Elaboración Propia

c) Manual de Brasil:

De acuerdo con el Departamento Nacional de Infra-Estructura de Transportes (2006) en su manual de estudio de tráfico nos indican valores de Factor camión en la que se consideraron cargas máximas para los ejes. (ver Tabla N°27)

Tabla N° 27: Valores de Factor Camión según Manual de Brasil

N°	TIPO	VEHÍCULO	FACTOR CAMIÓN
1	2C	Camión mediano	2.938
2	3C	Camión pesado	3.896
3	4C	Camión pesado	5.304
4	2S1	Semirremolque	5.194
5	2S2	Semirremolque	6.152
6	2H3	Semirremolque	7.559
7	3H2	Semirremolque	7.109
8	3H3	Semirremolque	6.456
9	2C2	Remolque	7.449
10	2C3	Remolque	8.407
11	3C2	Remolque	8.407
12	3C3	Remolque	6.340

Fuente: Departamento Nacional de Infra-Estructura de Transportes, 2006, p. 259

d) Manual de Colombia:

En el caso de Colombia para poder calcular los ejes equivalentes de 8.2 ton, utilizan los valores de factor camión que se encuentran en el

Ministerio de Transporte de Colombia (2007), el cual nos indican valores que son el resultado de 300,000 vehículos aproximadamente que han venido siendo evaluados en los operativos de opesaje en el periodo del 2000 – 2006. (ver Tabla N°28)

Tabla N° 28: Valores de Factor Camión según Manual de Colombia

Tipo de Vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2007, p. 11

e) Manual de South Africa:

De acuerdo con el Committee of State Road Authorities (1991), nos muestra valores de factores comión de acuerdo al número de ejes de los vehículos pesados, de acuerdo a este manual nos indica que son estimaciones confiables. (ver Tabla N°29)

Tabla N° 29:Valores de Factor Camión según Manual de South Africa

Tipo de Vehículo	Promedio E80s	Rango Promedio de E80s por vehículo
Camión de 2 ejes	0.70	0.30 – 1.10
Bus de 2 ejes	0.73	0.41 – 1.52
Camión de 3 ejes	1.70	0.80 – 2.60
Camión de 4 ejes	1.80	0.80 – 3.00
Camión de 5 ejes	2.20	1.00 – 3.00
Camión de 6 ejes	3.50	1.60 – 5.20
Camión de 7 ejes	4.40	3.80 – 5.00

Fuente: Committee of State Road Authorities, 1991, p. 13

- f) Manual de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito:  
De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008), en su manual de caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito nos indican valores de factor camión de acuerdo a cada tipo de vehículo pesado. (ver tabla N°30)

Tabla N° 30: Factor Camión según el Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito

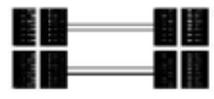
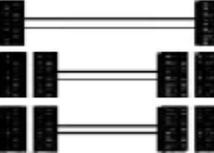
Clase de Vehículo	Eje Equivalente (EE8.2 tn)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

Fuente: Manual para el diseño de carreteras pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2008, p.121

Como refiere el Ministerio de Transportes y comunicaciones (2014), en su Manual de carreteras, suelos, geología y pavimentos, nos indica que para realizar el diseño de pavimento será necesario la cantidad de vehículos pesados como los ómnibus y buses para hallar este punto. De ese modo tenemos gráfico de acuerdo al número de ejes (ver Tabla N°31)

Tabla N° 31: Configuración de Ejes

Conjunto de Ejes	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
Eje Simple (Con rueda simple)	1RS	02	
Eje Simple (Con ruda doble)	1RD	04	

Conjunto de Ejes	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
Eje Tandem ( 1 eje rueda simple + 1 eje rueda doble)	1RS + 1RD	06	
Eje Tandem ( 2 ejes rueda doble)	2RD	08	
Eje Tridem (1 rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1RS + 2RD	10	
Eje Tridem (3 ejes rueda doble)	3RD	12	

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014, p. 65

Para poder determinar el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2t, tendremos en cuenta la siguiente expresión que considera a diferentes tipos de vehículos pesados.

$$N^{\circ}rep EE de 8.2t = \sum(EE \times Fca \times 365)$$

En donde:

- EE: Son los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, y dependerá del IMD, factor direccional, factor carril, por el factor vehículo pesado y por el factor vehículo pesado, se podría expresar de la siguiente manera:

$$EE = IMD \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fp$$

- Fca: Es el factor de crecimiento por tipo de vehículo pesado

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005) nos muestra que para los caminos de bajo volumen de tránsito también se toma en cuenta el daño que causa en la capa de rodadura, para estos valores se tomará en cuenta un criterio simplificado de la metodología AASHTO. (ver Tabla N°32)

Tabla N° 32: Representación de ejes equivalentes

Tipo de Eje	Eje Equivalente EE 8.2tn
Eje simple de rueda simples	$\left(\frac{P}{6.6}\right)^4$
Eje simple de rueda doble	$\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Eje Tándem de rueda doble	$\left(\frac{P}{15.1}\right)^4$
Eje trídem de rueda doble	$\left(\frac{P}{22.9}\right)^4$

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008, p. 128

Para poder determinar Los ejes equivalentes se necesitará de los factores tanto direccional como de carril:

✓ Factor direccional:

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) nos da un concepto sobre este factor y la importancia.

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico (p. 62).

Según AASHTO (1993), considera al factor dirección con un valor de 0.5, ya que en teoría el flujo total que se llega a censar, la mitad va para cada dirección, sin embargo, puede existir casos en la que el flujo vehicular puede aumentar más en un sentido que el otro.

En casos en que se puede notar una diferencia considerable en la magnitud de las cargas en ida o vuelta puede considerarse un valor de 0.6.

✓ Factor Carril:

“El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 62)

- Identificación del Carril de Diseño

De acuerdo con AASHTO (1993), indica que para una vía de dos carriles cualquiera puede ser el carril de diseño, en este caso el factor carril es 1. Para el caso de vías o carreteras que son multicarriles, se diseñará en base al carril más externo, ya que es ahí donde transitarán los camiones y por ende la mayor parte de los ESALs usarán ese carril.

De acuerdo con Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), nos indican valores de factor dirección y factor carril.

Tabla N° 33: Factor de distribución dirección y carril

Número de calzadas	Número de Sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc
1 calzada (Para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, p.75

Austroroads (2008), nos muestra que el carril de diseño para calzadas de un solo sentido de dos carriles a más es en la gran mayoría de los casos el carril izquierdo o el más externo. Las cargas que serán distribuidas en los carriles dependerán de lo siguiente:

- Número de carriles de tráfico.
- Presencia de vehículos estacionados en el carril izquierdo.
- Proximidad de intersecciones.
- Funciones primarias y secundarias de la carretera.

Según Aashto (1993) tenemos los siguientes valores de factor carril que se muestra en la Tabla N°34.

Tabla N° 34: Valores de Factor Carril

<b>NÚMERO DE CARRILES EN CADA DIRECCIÓN</b>	<b>LD</b>
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: AASHTO, 1993, p. 58

Se muestra también los valores de factor carril de acuerdo a Austroads (2008), en la cual nos lo dividen de acuerdo a la ubicación en el que se encuentran, ya sea en una zona rural o en zona urbana. los valores de factor carril. (ver Tabla N°35)

Tabla N° 35: Valores de factor carril según el número de carriles

<b>Ubicación</b>	<b>Carriles En Cada Dirección</b>	<b>Factor De Distribución De Carril</b>		
		<b>Carril Izquierdo</b>	<b>Carril Central</b>	<b>Carril Derecho</b>
Rural	2 carriles	1.00	N/A	0.50
	3 carriles	0.95	0.65	0.30
Urbano	2 carriles	1.00	N/A	0.50
	3 carriles	0.65	0.65	0.50

Fuente: Austroads, 2008, p.89.

### 2.3. Definición de términos básicos

- Caminos vecinales: “Es un camino que pertenece al sistema vial vecinal y que es competencia de los Gobiernos Locales. Sirven para dar acceso a los centros poblados, caseríos o predios rurales”. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011, p. 48).
- Trocha carrozable: “Es una carretera sin afirmar a nivel de subrasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado”. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p. 22).
- Índice Medio Diario Anual: “Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de la carretera, durante 24 horas, de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un periodo anual.” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p.14)
- Flujo de Tránsito:” Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p.13)
- Tránsito: “Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público (Circulación).” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p.22)

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

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis principal**

La camioneta pick up y el camión C2 son los vehículos característicos, los indicadores macroeconómicos están en el orden de 1.2% a 1.5% y el FC del camión C2 es 2.75 para determinar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito.

#### **3.1.2. Hipótesis secundarias**

- a) Al conocer la clasificación vehicular se identifica el bus de dos ejes y el camión C2 como vehículo característico para diseño de caminos de bajo volumen.
- b) El crecimiento poblacional y el PBI tiene un crecimiento de 1.2% a 1.5% para los caminos de bajo volumen de tránsito.
- c) El FC del camión C2 es 2.75 para encontrar el EAL de diseño de acuerdo al volumen de los vehículos tipo en caminos de bajo volumen de tránsito.

### **3.2. Variables**

#### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

- a) 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.” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p.22)
- b) 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.” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018, p.17)

#### **3.2.2. Operacionalización de las variables**

Se observa en la Tabla N°36 lo siguiente:

Tabla N° 36: Operacionalización de variables independientes.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Vehículo Característico		Vehículos ligeros	Manuales Nacionales e Internacionales y Expedientes Técnicos
	Clasificación de vehículos	Vehículos pesados	

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Tabla N°37 lo siguiente:

Tabla N° 37: Operacionalización de variables dependientes.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Parámetros de diseño geométrico	Índice medio diario (IMD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de vehículos</li> <li>• Conteo diario</li> <li>• Factores de corrección estacional</li> <li>• Tasa de crecimiento</li> </ul>	Manuales Internacionales y Exp. Técnicos
Parámetros de diseño de pavimentos	Ejes equivalentes (EAL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor carril</li> <li>• Factor dirección</li> <li>• Tasa de crecimiento</li> <li>• Cantidad y tipo de vehículo (factor camión)</li> </ul>	Manuales Internacionales y Exp. Técnicos

Fuente: Elaboración Propia.

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

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

De acuerdo con Hernandez Sampieri (2014) la investigación empleó un método mixto, ya que se necesitó la recolección de datos tanto cualitativos para mostrar la clasificación vehicular de acuerdo a normas internacionales, aparte de ser una inmersión inicial en este tipo de tema para caminos de bajo volumen de tránsito y cuantitativos, debido a que se realizarán análisis respecto a las tasas decrecimiento y factor camión de los expedientes en estudios para determinar su tendencia y como se asemeja con otros manuales.

### **4.2. Diseño de investigación**

La investigación fue descriptiva ya que va a describir la realidad del estudio de tráfico que se han realizado en los caminos de bajo volumen de tránsito y por ende la demanda que esta requiere, es una investigación no experimental, ya que no se realiza ningún trabajo de campo, más que la recolección de los expedientes.

### **4.3. Población y muestra**

La presente investigación tuvo como población de estudio los caminos de bajo volumen de tránsito del Perú.

La muestra son los caminos de bajo volumen que se encuentran en los departamentos del Perú tales como Piura, Apurímac, Ancash, Ayacucho, Junín, Pasco, Huancavelica, Ucayali, Moquegua, Tacna, Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, San Martín y Huánuco.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos**

Para la recolección de datos se necesitará de los expedientes que se encuentran en la web y en base de ello saber el tipo de vehículo característico que viajan por los caminos de bajo volumen de acuerdo a una clasificación respectiva. Se necesitarán también los manuales internacionales para poder realizar el comparativo con los valores encontrados en los expedientes y realizar el análisis respectivo.

#### **4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

Los expedientes son recientes del año 2014 en adelante lo que quiere decir que nuestra data no es antigua y no se aleja tanto de la realidad. Los manuales nacionales se han realizado en base a normas estadounidenses como es la

AASHTO, la cual se viene utilizando y distintos países del mundo, lo que nos puede dar una garantía de un adecuado manejo de la información de estos manuales.

#### **4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos**

Se procederá a recolectar en una hoja de excel los datos de tráfico de acuerdo a cada expediente de camino vecinal y según el departamento en que se encuentra, luego saber el tipo de vehículo común en estos caminos vecinales para determinar las características físicas del vehículos y tendencias que se tiene respecto a la tasa de crecimiento poblacional como de PBI comparado con datos actuales y de la misma forma encontrar valores de factor camión de manuales internacionales.

#### **4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información**

Con los resultados que obtengamos de los expedientes veremos si estos se asemejan con los valores de los manuales internacionales y/o registros de Instituto Nacional de Estadística e Informática, con el fin de saber en cuanto difiere y como repercute esto en el diseño tanto geométrico como de pavimentos y si habría una influencia con respecto a de los costos.

## CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Diagnóstico y situación actual

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2020), nos indica que la red vial del Perú está constituido por los siguientes: Red vial Nacional, Red Departamental y Red de caminos vecinales; en la cual la red vial vecinal une las capitales distritales y los centros poblados más importantes con la capital de las provincias. Estos caminos vecinales poseen distinto grado de conservación y tipos de superficie de rodadura ya sea asfaltada, afirmada, sin afirmar y trocha.

De todas las redes a nivel nacional tenemos un gran porcentaje que se encuentran no pavimentadas como se muestra en la Tabla N°38.

Tabla N° 38: Longitud de Infraestructura vial, según jerarquía y superficie de rodadura

Superficie de rodadura	SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS						TOTAL	
	Nacional		Departamenta l		Vecinal			
TOTAL	28,866.5	16.5%	32,199.0	18.4%	113,933.1	65.1%	174,998.5	100%
1 Red Vial Existente	27,060.9	16.1%	27,505.6	16.3%	113,792.7	67.6%	168,359.2	96.2%
Pavimentada	21,649.0	80%	3,623.1	13%	1,906.2	2%	27,178.3	16%
No Pavimentada	5,411	20%	23,882.5	87%	111,886.6	98%	141,180.9	84%
2 Proyectada	1,805.5	26.5%	4,693.4	71.3%	140.4	2.1%	6,639.32	3.8%

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación, 2020, p. 8

Asimismo, se realizan estudios para el diseño de caminos de bajo volumen de tránsito en el ámbito nacional en la que encontramos data de estudios de tráfico como la siguiente:

Según el instituto vial provincial Ayabaca para el proyecto Congoli-Nogal, en su estudio de tráfico nos muestra que el vehículo pesado es el C2E y el factor daño del vehículo pesado es de 3.477, nos da a entender que este vehículo siempre se encontrará en su máxima carga y esto repercutirá en el sobredimensionamiento del pavimento y a la vez en el presupuesto.

Estos resultados se deben a que no hay manuales ni guías en la que nos muestre datos o parámetros vigentes para el factor camión tanto general o para cada tipo de vehículo.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), dice que:

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño. (p.24)

Además, para la evaluación se deberá tener en cuenta la tasa de crecimiento poblacional y el producto bruto interno para cada departamento, según esto se aplicará la fórmula de proyección de tráfico descrita en el capítulo II, donde para los vehículos ligeros se tomará en consideración la tasa de crecimiento poblacional y para los vehículos pesados se considerará el producto bruto interno, finalmente este será el que se tendrá en cuenta para el diseño de geométrico y de pavimentos.

El manual de caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito 2008 consideraban un factor camión de 2.75 para el camión C2, y en la actualidad se asume valores más altos, se podría decir en su máxima carga.

En consecuencias, si tenemos una diferenciación alta entre las tasas de crecimiento consideradas en los expedientes técnicos y los valores que actualmente el Instituto Nacional de Estadística e Informática nos brinda, significara un aumento en el análisis de proyección de tráfico. Del mismo modo sucede con el factor camión, al considerar un valor elevado o que siempre estarán en su máxima carga durante su vida útil, repercute en el diseño de pavimentos y su costo.

### 5.1.1. Ubicación y geografía

La presente investigación centrará el análisis de tránsito de caminos de bajo volumen para la obtención de parámetros de diseño geométrico y de pavimentos de los departamentos del Perú, teniendo como muestra a los departamentos de Piura, Apurímac, Ancash, Ayacucho, Junín, Pasco, Huancavelica, Ucayali, Moquegua, Tacna, Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, San Martín y Huánuco tal y como se mencionó en el capítulo IV.

#### a) Piura

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Piura nos dice que:

Está ubicado al noroeste del país. Tiene una superficie de 35 892 km<sup>2</sup>, ocupando el 3,1 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con Tumbes y la República del Ecuador; por el este, con Cajamarca y el Ecuador; por el sur, con Lambayeque; por el oeste, con el Océano Pacífico. Políticamente está dividido en 8 provincias y 65 distritos, siendo su capital la ciudad de Piura. (p.1)



Figura N° 16: Mapa político de Piura  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

b) Apurímac

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Apurímac nos dice que:

El departamento de Apurímac cubre una superficie de 20 896 km<sup>2</sup> que representa el 1,6 por ciento del territorio nacional. Está constituido por 7 provincias y 84 distritos; siendo la provincia de Aymaraes la más extensa, que cubre el 20,2 por ciento de la superficie territorial del departamento. Apurímac está ubicado en el sur este de los Andes centrales del Perú, su territorio es uno de los más accidentados del país. Limita por el norte con los departamentos de Ayacucho y Cusco, por el nor-oeste, oeste y el sur-oeste con el departamento de Ayacucho, por el noreste, este y sur-este con el departamento de Cusco y por el sur con Arequipa. (p.1)



Figura N° 17: Mapa del departamento de Apurímac  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

c) Ancash

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ancash nos dice que:

El departamento de Ancash, situado en la región central - occidental del país, cubre una superficie de 35 915 Km<sup>2</sup>, que representa el 2,8 por ciento del territorio nacional. Comprende territorios tanto de las zonas altas de la Cordillera de los Andes como parte del desierto costero peruano. Limita con el océano Pacífico por el oeste; con La Libertad, por el norte; con Huánuco por el este y con Lima por el sur. (p.1)



Figura N° 18: Mapa del departamento de Ancash  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

d) Ayacucho

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ayacucho nos dice que:

El departamento de Ayacucho se encuentra ubicado en la zona sur – central de los andes peruanos, con un área total de 43 821 km<sup>2</sup>, equivalente al 3,4 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con Junín, por el noroeste con Huancavelica, por el oeste con Ica, por el sur con Arequipa, por el este con Apurímac, y con el Cusco por el nor-este. (p.1)

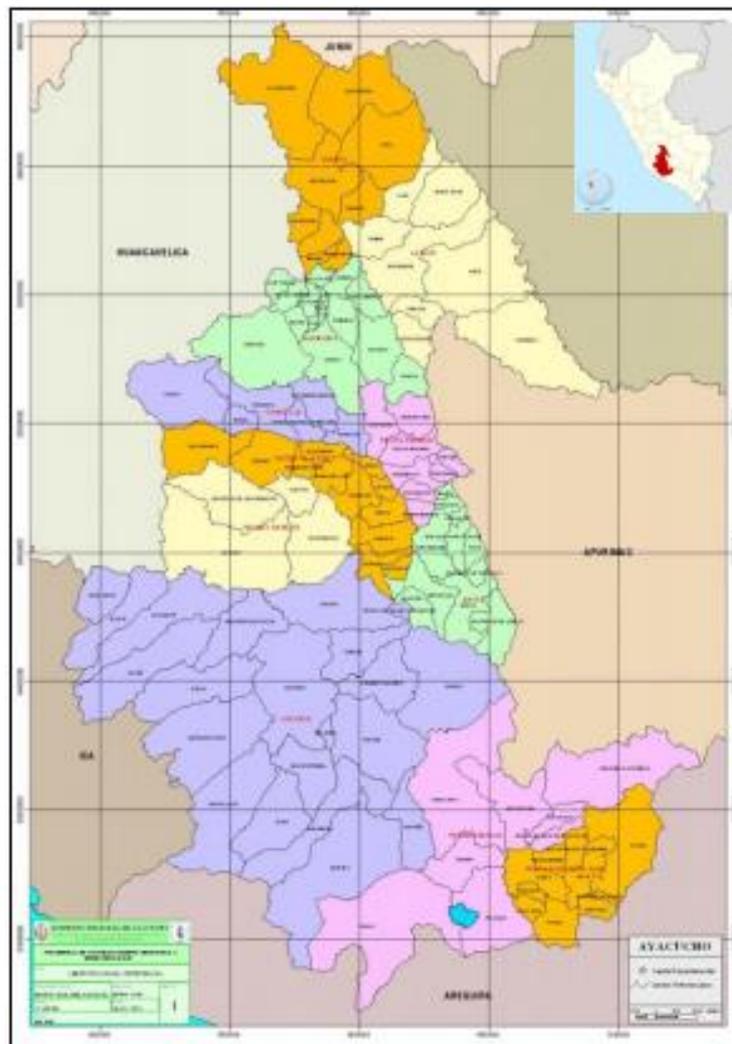


Figura N° 19: Mapa político de Ayacucho  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

e) Junín

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Junín nos dice que:

El departamento de Junín se encuentra ubicado en la zona central de los andes peruanos, con una superficie de 44 329 km<sup>2</sup>, que representa el 3,4 por ciento del territorio nacional. Abarca dos regiones naturales, la sierra con 20 821 km<sup>2</sup> (47 por ciento) donde se ubican el valle del Mantaro, valle del Canipaco, la cordillera del Huaytapallana, la meseta del Bombón, las lagunas de Paca y Marcapomacocha y el lago Junín o Chinchaycocha; y la zona ceja de selva y selva, con 23 508 km<sup>2</sup> (53 por ciento) en las que se ubican los valles de Chanchamayo, Ene, Perené y Tambo. La altitud oscila entre los 360 msnm y 5 000 msnm, siendo el distrito de Río Tambo, en la provincia de Satipo, el de menor altitud (362 m.s.n.m.) y el distrito de Morococha, en la provincia de Yauli, el de mayor altitud (4 525 m.s.n.m.). (p.1)

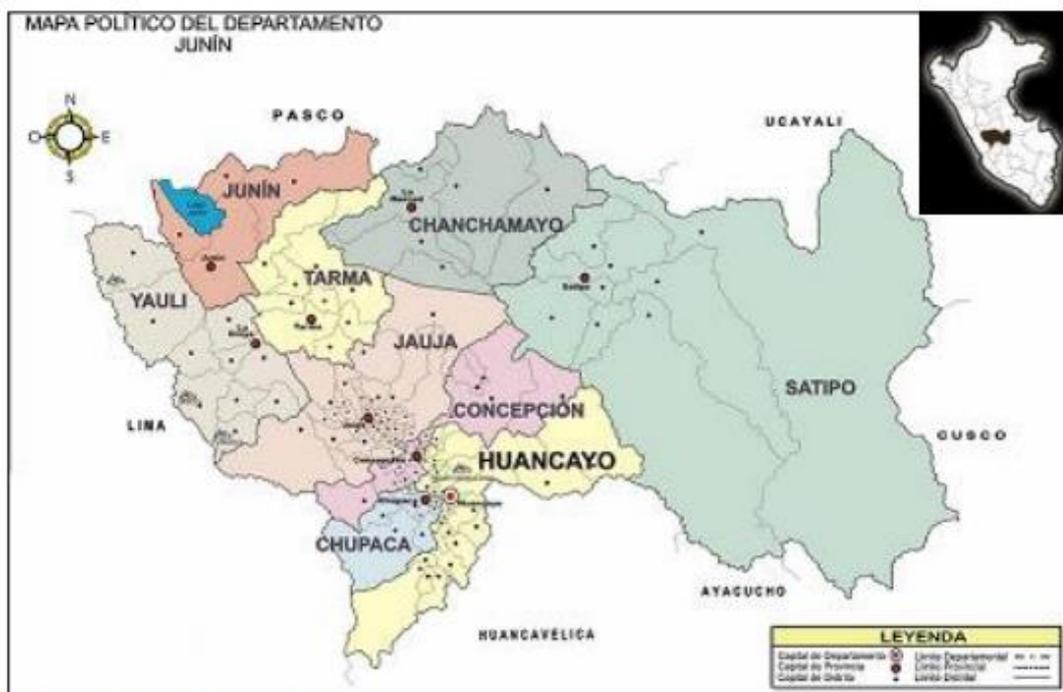


Figura N° 20: Mapa político del departamento de Junín  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

f) Pasco

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Pasco nos dice que:

El departamento de Pasco se encuentra ubicado en la vertiente oriental de los andes y zona central del territorio peruano, abarcando un área total de 25 028 km<sup>2</sup>, que constituye el 1,9 por ciento del territorio peruano. Abarca dos regiones naturales, la zona sierra con 7 261 km<sup>2</sup>, en la que se encuentran las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión; y 17 767 km<sup>2</sup> de ceja de selva y selva (provincia de Oxapampa). (p.1)

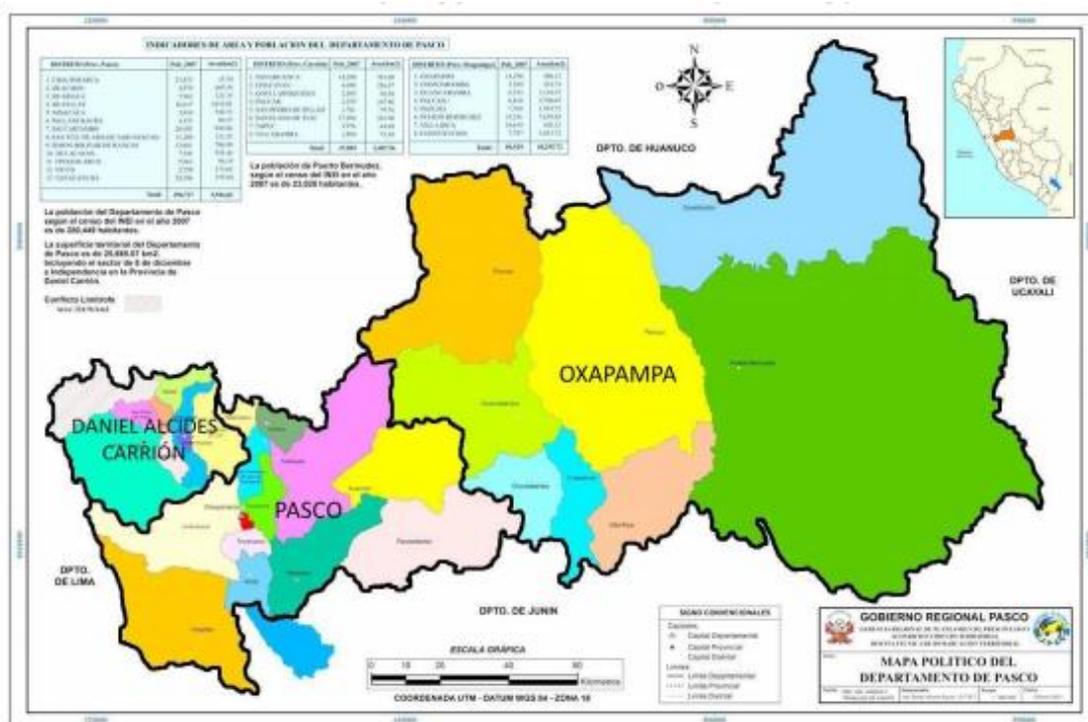


Figura N° 21: Mapa político del departamento de Pasco  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

g) Huancavelica

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Huancavelica nos dice que:

El departamento de Huancavelica se encuentra ubicado en la sierra sur del territorio peruano, abarcando una superficie de 22 131 km<sup>2</sup>, que representa el 1,7 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con Junín, por el este con Ayacucho, por el sur con Ica y Ayacucho, y

por el oeste con Ica y Lima. Políticamente se encuentra dividido en 7 provincias y 100 distritos, siendo su capital la ciudad de Huancavelica. (p.1)



Figura N° 22: Mapa político del departamento de Huancavelica  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p. 1.

#### h) Ucayali

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ucayali nos dice que:

El departamento de Ucayali ocupa una superficie de 105 097 km<sup>2</sup>., que representa el 8,2 por ciento del total país. Está ubicado en la parte centro oriental del Perú, en la zona de selva. Limita por el norte con el departamento de Loreto, por el oeste con los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín; por el sur con los departamentos de Cusco y Madre de Dios y por el este con la República del Brasil. (p.1)



Figura N° 23: Mapa del departamento de Ucayali  
 Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

i) Moquegua

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Moquegua nos dice que:

El departamento de Moquegua está situado en el sur del Perú, sus coordenadas geográficas se sitúan entre 15°17' y 17°23' de latitud sur. Limita por el norte con los departamentos de Arequipa y Puno; por el este con Puno y Tacna; por el sur con Tacna y por el oeste con el Océano Pacífico y Arequipa. Su superficie territorial es de 15 734 km<sup>2</sup> (1,2 por ciento del territorio nacional); el territorio abarca zonas de la costa y de la sierra con alturas que varían desde los 0 metros hasta más de 6 000 metros sobre el nivel del mar. (p. 1)



Figura N° 24: Mapa político de Moquegua  
 Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

j) Tacna

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Tacna nos dice que:

Tacna está situado en la costa sur occidental del Perú, sus coordenadas geográficas se sitúan entre 16°58' y 18°20' de latitud sur, y 69°28' y 71°02' de longitud oeste; su superficie territorial es de 16 076 km<sup>2</sup>, representando el 1,3 por ciento del territorio nacional. Tacna limita por el noroeste con el departamento de Moquegua, por el norte con Puno, por el este con la República de Bolivia, por el sur con la República de Chile y por el oeste con el Océano Pacífico. (p.1)



Figura N° 25: Mapa político de Tacna  
 Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

k) Cajamarca

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Cajamarca nos dice que:

El departamento de Cajamarca, situado en la zona norte del país, cubre una superficie de 33 318 Km<sup>2</sup>, que representa el 2,6 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con la República del Ecuador, por el este con el departamento de Amazonas, por el sur con La Libertad y por el oeste con Lambayeque y Piura. Políticamente está dividido en 13 provincias y 127 distritos, siendo su capital la ciudad de Cajamarca. (p.1)



Figura N° 26: Mapa del departamento de Cajamarca  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

### 1) Lambayeque

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Lambayeque nos dice que:

Lambayeque abarca una superficie de 14 231 Km<sup>2</sup> (1,1 por ciento del territorio nacional), ubicándose al noroeste del país, entre las regiones de Piura (al norte), Cajamarca (al este), La Libertad (al sur) y el Océano Pacífico (al oeste). Políticamente está dividido en 3 provincias

(Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe) y 38 distritos, siendo Chiclayo la ciudad capital. (p.1)



Figura N° 27: Mapa político de Lambayeque  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

#### m) La Libertad

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Piura nos dice que:

El departamento de La Libertad, situado en la costa nor-occidental del país, cubre una superficie de 25 500 Km<sup>2</sup> (superficie continental más insular) que representa el 2,0 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con los departamentos de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas; por el este, con San Martín; por el sur, con Huánuco y Ancash; y por el oeste, con el Océano Pacífico. Políticamente está dividido en 12 provincias y 83 distritos, siendo su capital la ciudad de Trujillo. (p.1)





Figura N° 29: Mapa del departamento de San Martín  
 Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

o) Huánuco

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Huánuco nos dice que:

El departamento de Huánuco se encuentra ubicado en la parte centro oriental del país, abarcando una superficie de 37 266 km<sup>2</sup>, que representa el 2,9 por ciento del territorio nacional. Cuenta con dos regiones naturales, la sierra con 22 150 km<sup>2</sup> y la zona ceja de selva y selva, con 15 116 km<sup>2</sup>. (p.1)

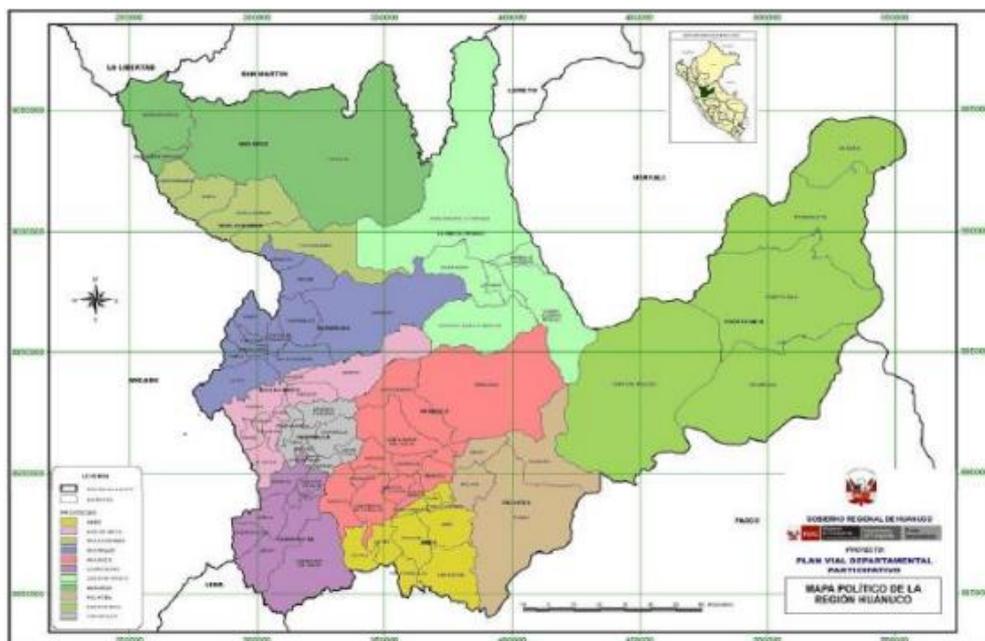


Figura N° 30: Mapa político del departamento de Huánuco  
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, 2018, p.1.

### 5.1.2. Clima

#### a) Piura

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Piura nos dice que:

Piura posee un clima tropical y seco, con una temperatura promedio anual de 24°C, que en el verano supera los 35°C, pudiendo llegar hasta 40°C cuando se presenta el Fenómeno El Niño extraordinario. La época de lluvias es entre enero y marzo. En las zonas andinas el clima presenta noches frías y mañanas templadas. (p.4)

#### b) Apurímac

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Apurímac nos dice que:

El clima es variado de acuerdo a la altitud. Es cálido y húmedo en los cañones profundos de Apurímac, Pampas y Pachachaca; templado y seco en las altitudes intermedias; frío y sequedad atmosférica en la alta montaña; gélida en las cumbres nevadas. La variación de la temperatura es muy significativa y aumenta con la altitud, así por ejemplo, en Antabamba, a 3 636 m.s.n.m. en octubre las temperaturas diurnas llegan hasta 25°C y en las noches descienden hasta 3°C; en el

mes de junio (invierno austral) las temperaturas diurnas llegan a 20,2°C y en las noches bajan a 0,6°C. (p.3)

c) Ancash

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ancash nos dice que:

El clima de Ancash es variado. En la costa, el piso inferior de la vertiente occidental, el clima es desértico, con lluvias muy escasas y mal distribuidas que se incrementan a medida que se avanza en altitud; zonas con clima templado y seco se encuentran en los pisos medios de las vertientes andinas oriental y occidental, así como en el Callejón de Huaylas; frío y seco en las punas y altas mesetas; muy frío en las cumbres nevadas. Al este de la Cordillera Blanca y en el fondo del valle formado por el río Marañón el clima es cálido-húmedo, con temperaturas altas durante el día y la noche. (p.4)

d) Ayacucho

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ayacucho nos dice que:

El clima de Ayacucho es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica ligera. En los valles interandinos el clima es frío boreal seco, mientras que en la zona selvática es tropical; en la capital del departamento la temperatura promedio es de 17,5 °C. (p.3)

e) Junín

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Junín nos dice que:

El clima varía de acuerdo con la altitud, registrándose en los valles interandinos (mayoritariamente en las provincias de Junín, Yauli, Tarma, Jauja, Concepción, BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ SUCURSAL HUANCAYO 4 Chupaca y Huancayo) un clima templado y frío, con poca presencia de humedad (seco), mientras que en la zona ceja de selva y selva (provincias de Chanchamayo y Satipo) el clima es cálido y húmedo, con abundantes lluvias de noviembre a mayo. (p.3)

f) Pasco

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Pasco nos dice que:

En el departamento se han diferenciado cinco tipos de clima, dos localizados en la zona ceja selva y selva, y tres en la región andina. Destacan las cumbres nevadas o de muy alta montaña sobre los 5 000 m.s.n.m., con temperaturas medias durante el año que están por debajo del punto de congelación. El clima frío se localiza al lado oeste del departamento, entre altitudes de 4 000 a 5 000 m.s.n.m. Los valles de Paucartambo, Huachón, Huallaga y Yanahuanca, ubicados entre 3 000 y 4 000 m.s.n.m., presentan un clima favorable para el cultivo de cereales y tubérculos. En la zona ceja de selva y selva, que se ubica entre 1 500 y 3 000 m.s.n.m., el clima es templado y lluvioso entre los meses de diciembre hasta abril. (p.4)

g) Huancavelica

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Huancavelica nos dice que:

El departamento tiene variedad de microclimas por las diferencias de altitud. En los valles interandinos la temperatura promedio máxima es de 18°C y la mínima desciende a bajo cero. La temporada de lluvias se inicia en noviembre y concluye en abril, mientras que la estación seca dura entre mayo y octubre. (p.4)

h) Ucayali

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Ucayali nos dice que:

El clima del departamento es cálido, húmedo y con lluvias bastante concentradas casi todo el año, sólo en el mes de junio acontece un fenómeno climático especial llamado "fríos de San Juan" cuando la temperatura desciende considerablemente por algunos días. Su elevada precipitación pluvial alcanza una media anual de 2 000 mm., la cual varía durante todo el año, presentándose períodos secos definidos entre julio y agosto, y con intensa precipitación entre noviembre y marzo. La temperatura fluctúa entre los 19,7°C y 30,6°C,

registrándose la más alta entre mayo y agosto, y las mínimas entre diciembre y marzo. (p.3)

i) Moquegua

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Moquegua nos dice que:

El clima del departamento es templado en la costa y se caracteriza por su uniformidad durante el año, variando la temperatura promedio entre 11°C (agosto) y 27°C (febrero); la zona de la costa cercana a la cordillera presenta un clima desértico y seco que se prolonga hasta la región andina. (p.3)

j) Tacna

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Tacna nos dice que:

El clima de Tacna no es uniforme debido a que dos terceras partes de su territorio corresponden a la faja de costa y la tercera parte se halla situada en las alturas de la cordillera; la costa tiene un clima seco, con variaciones de temperaturas de 12°C a 30°C y la afluencia de cuatro ríos costeros que condicionan la formación de tres valles aislados entre sí. La temperatura promedio es de 16,5°C, las temperaturas más frías corresponden a los meses de julio y agosto y las máximas se alcanzan en enero y febrero; los meses de invierno se caracterizan por la presencia de neblinas, las cuales invaden tanto los valles y las pampas; las lluvias son muy escasas. (p.3)

k) Cajamarca

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Cajamarca nos dice que:

El clima del departamento es variado, frío en las alturas andinas, templado en los valles y cálido en las quebradas y los márgenes del río Marañón. Los climas templado y frío tienen como característica general las temperaturas diurnas elevadas (más de 20°C) y bajas temperaturas nocturnas que descienden a 0°C a partir de los 3 mil metros de altura, por lo menos durante los meses de invierno. La atmósfera es seca y las precipitaciones son abundantes durante el verano. (p.4)

l) Lambayeque

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Lambayeque nos dice que:

El clima predominante es cálido y seco (22°C promedio). Las precipitaciones pluviales son escasas, manifestándose generalmente en forma de garúa, con una media anual de 18 milímetros. Cabe precisar que la posición geográfica de Lambayeque expone a la región a los efectos del Fenómeno El Niño, al igual que a otras regiones costeras como Piura, La Libertad y Tumbes. (p.3)

m) La Libertad

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Piura nos dice que:

En la costa, el clima es semitropical con una temperatura promedio de 18°C y precipitaciones inferiores a 50 ó 20 mm anuales. En la zona andina existe un clima variado, cuyas temperaturas, lluvias y vegetación cambian a medida que se asciende en altura; así, la temperatura fluctúa entre 14°C y 2°C en invierno, mientras que en verano varía entre 24°C y 13° C. (p.4)

n) San Martín

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Piura nos dice que:

En San Martín predomina un clima subtropical y tropical, distinguiéndose dos estaciones: una seca de junio a setiembre y otra lluviosa de octubre a mayo. La temperatura varía entre 23°C y 27°C y la precipitación pluvial media anual es de 1 500 mm. (p.3)

o) Huánuco

El Banco Central de Reserva del Perú (2018), en su informe sobre la Categorización del departamento de Huánuco nos dice que:

El departamento cuenta con climas variados, lo que posibilita la producción de múltiples productos agrícolas y pecuarios. Es cálido en la cuenca del Pachitea y en el norte (zona de Tingo María), mientras que en los márgenes de los ríos Marañón y Huallaga es templado, registrándose bajas temperaturas en la provincia de Dos de Mayo (posicionada entre los 2 500 y 3 000 msnm). (p.3)

### 5.1.3. Actividad económica

#### a) Piura

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto 2020, los indicadores económicos de Piura mostraron un desempeño mixto. Por un lado, se contrajo la producción de hidrocarburos (-13,3 por ciento), manufactura (-0,2 por ciento) y exportaciones (-3,5 por ciento). Mientras que mejoró el desempeño de los despachos de cemento (3,0 por ciento), inversión pública (1,8 por ciento), pesca (76,5 por ciento), sector agropecuario (8,1 por ciento) y crédito (11,0 por ciento). En algunos indicadores el mejor desempeño, se da en un contexto de reapertura gradual de la economía iniciada en mayo.

(p.3)

#### b) Apurímac

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

Los indicadores de la actividad primaria mostraron resultados negativos en agosto de 2020. La producción agropecuaria fue menor en 68,0 por ciento, el sector pesca cayó 39,9 por ciento y la actividad minera disminuyó 4,9 por ciento interanual. En otros indicadores de la actividad económica, el saldo de crédito se incrementó en 12,3 por ciento; mientras que, la formación bruta de capital reportó una disminución de 24,6 por ciento. (p.3)

#### c) Ancash

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En la actividad primaria la actividad pesquera y el sector agropecuario disminuyeron en 64,7 y 20,4 por ciento interanual, respectivamente. Por el contrario, la actividad minera creció 2,7 por ciento. Con respecto a otros indicadores de la actividad económica del departamento, en agosto, se observó una recuperación en el sector construcción (18,9 por ciento), crédito total (4,8 por ciento). Sin embargo, se registraron caídas

en exportaciones (-53,0), inversión pública (-20,9) y en la manufactura (-17,4 por ciento). (p.3)

d) Ayacucho

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector primario observó resultados negativos debido a la disminución del sector agropecuario (-22,6 por ciento) y minero (-45,3 por ciento). En el periodo de enero – agosto, se registraron resultados mixtos, al decrecer la actividad agropecuaria (1,0 por ciento), y disminuir la actividad minera (-36,9 por ciento). (p.3)

e) Junín

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

Durante agosto, la actividad minera metálica observó una contracción de 24,6 por ciento, ante la menor oferta de cobre, zinc, plata y plomo, además de la nula producción de oro. Igualmente, el sector agropecuario registró una caída de 1,1 por ciento en el mes, luego de tres meses de resultados positivos, asociado principalmente a la menor producción de la parte pecuaria. En cuanto a los otros indicadores de actividad económica en la región, por efecto del Estado de Emergencia por el COVID-19, se contrajeron los despachos de cemento (-4,3 por ciento), la inversión pública (-50,7 por ciento) y el crédito orientado para el segmento consumo (-3,3 por ciento). Contrariamente, aumentó el crédito total (8,8 por ciento) por efecto de los mayores créditos a empresas (17,6 por ciento) que fue impulsado por el Programa Reactiva Perú, mientras que continuó desacelerándose el crédito hipotecario (0,9 por ciento). (p.3)

f) Pasco

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector minero decreció en 19,4 por ciento interanual, ante la menor producción de cobre (-32,5 por ciento), plomo (-15,7 por ciento), zinc (-12,5 por ciento), oro (-39,9 por ciento) y plata (-17,9 por ciento). Asimismo, el sector agropecuario disminuyó en 6,0 por ciento

interanual en agosto, sustentado en la reducción de la actividad agrícola (-8,1 por ciento), contrarrestado parcialmente por el incremento en el subsector pecuario (0,2 por ciento). En cuanto a los otros indicadores de actividad económica, en agosto se incrementó el crédito total (6,5 por ciento); mientras que disminuyeron el crédito de consumo (-6,0 por ciento), crédito hipotecario (-1,4 por ciento), despachos de cemento (-13,7 por ciento) y la inversión pública (-56,4 por ciento). (p.3)

g) Huancavelica

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector minero decreció en 32,6 por ciento interanual, influenciado por la menor producción de plata (-74,8 por ciento), plomo (-23,9 por ciento) y oro (-82,5 por ciento). Asimismo, el sector agropecuario registró una caída de 49,2 por ciento interanual, influenciado por la reducción de las actividades agrícola (-68,3 por ciento) y pecuaria (-7,8 por ciento). En cuanto a los otros indicadores de actividad económica, en agosto se incrementaron el crédito total (5,0 por ciento), crédito hipotecario (12,4 por ciento) y despachos de cemento (76,9 por ciento); mientras que se redujo la inversión pública (-36,8 por ciento) y el crédito de consumo (-0,7 por ciento). (p.3)

h) Ucayali

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector agropecuario avanzó 11,7 por ciento interanual, por el desempeño positivo del subsector agrícola, vinculado a mayores áreas cosechadas de cacao, maíz amarillo y yuca; a pesar de la ocurrencia de lluvias con anomalías negativas y temperaturas altas por el verano; en cambio, minería disminuyó en 50,8 por ciento, debido a la menor producción de gas natural, líquidos de gas y petróleo crudo; y pesca se contrajo en 2,5 por ciento, por el menor desembarque de pescado para consumo humano directo. En otros indicadores de actividad económica creció el crédito total (8,0 por ciento) y manufactura (2,6 por ciento); pero disminuyeron la inversión pública (-

32,7 por ciento), crédito hipotecario (-4,0 por ciento) y los créditos de consumo (-3,3 por ciento). (p.3)

i) Moquegua

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En el mes de agosto, los sectores primarios reportaron resultados mixtos, el sector agropecuario presentó un alza de 12,3 por ciento y la actividad minera registró un crecimiento de 22,1 por ciento, en términos interanuales. En contraste, la pesca se contrajo 3,2 por ciento. En cuanto a otros indicadores de actividad económica, en agosto se registraron resultados negativos en manufactura (-7,8 por ciento), exportaciones (-57,6 por ciento) e inversión pública (-46,0 por ciento). Por otro lado, al cierre de agosto, los créditos (4,8 por ciento) y depósitos (26,1 por ciento) reportaron tasas de variación positivas. (p.3)

j) Tacna

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, los sectores primarios reportaron resultados mixtos. La producción del sector agropecuario y pesquero, en el periodo interanual, se contrajeron en 48,0 por ciento y 71,7 por ciento, respectivamente; en tanto que, el sector minero experimentó un crecimiento de 5,8 por ciento. Con respecto al desempeño de los otros indicadores de la actividad económica, en agosto, los créditos y depósitos mostraron resultados positivos al expandirse 9,8 y 24,3 por ciento, respectivamente. Asimismo, las exportaciones crecieron en 79,6 por ciento y la inversión pública lo hizo en 28,1 por ciento en términos reales. (p.3)

k) Cajamarca

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En la actividad primaria, los sectores minero y agropecuario disminuyeron 35,0 por ciento y 9,0 por ciento respectivamente. Con respecto a otros indicadores de la actividad económica del departamento, los sectores económicos presentaron desempeño

heterogéneo: las exportaciones retrocedieron 39,2 por ciento, seguido de la inversión pública (-35,7 por ciento) y la producción industrial (-9,0 por ciento). Por el contrario, presentaron variación positiva: los despachos de cemento (14,9 por ciento) y el saldo del crédito (12,0 por ciento). (p.3)

l) Lambayeque

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto 2020, los indicadores económicos de la región mostraron un desempeño mixto. Se registró crecimiento en la manufactura (7,7 por ciento), despachos de cemento (10,6 por ciento), exportaciones (59,1 por ciento), crédito (11,0 por ciento) e inversión pública (258,5 por ciento). Por otro lado, se contrajo el sector agropecuario (-5,6 por ciento) y pesquero (-6,8 por ciento). En algunos indicadores se registran recuperaciones en línea con el proceso de reapertura gradual de la economía iniciado en mayo. (p.3)

m) La Libertad

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En la actividad primaria, el sector pesca creció 12,7 por ciento. De otro lado, disminuyó la producción minera (-30,4 por ciento) y agropecuaria (-3,5 por ciento). En cuanto a otros indicadores de la actividad económica del departamento, mostraron un desempeño positivo los despachos de cemento (15,7 por ciento), las exportaciones (13,7 por ciento), crédito total (10,0 por ciento) y la producción manufacturera (4,5 por ciento). Por el contrario, la inversión pública cayó 21,3 por ciento. (p.3)

n) San Martín

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector agropecuario avanzó en 7,3 por ciento interanual, impulsado por el desempeño positivo del subsector agrícola, que estuvo vinculado a las mayores áreas cosechadas de maíz amarillo duro y arroz cáscara, así como de cacao y café por el clima verano, a pesar de que

ocurrieron lluvias con anomalías negativas y altas temperaturas; mientras pesca cayó en 16,3 por ciento, debido a la menor crianza en piscigranjas de tilapia, paco y gamitana, y escasez de boquichico y otras especies en los ríos amazónicos. En otros indicadores de actividad económica observaron crecimiento la manufactura (41,0 por ciento), crédito total (6,7 por ciento) y los despachos de cemento (3,6 por ciento); mientras disminuyeron la inversión pública (-39,7 por ciento), créditos hipotecarios (-4,9 por ciento) y los créditos de consumo (-1,0 por ciento). (p.3)

o) Huánuco

El Banco Central de Reserva del Perú (2020), en su informe sobre la síntesis de Actividad Económica agosto nos dice que:

En agosto, el sector minero decreció en 19,4 por ciento interanual, ante la menor producción de cobre (-32,5 por ciento), plomo (-15,7 por ciento), zinc (-12,5 por ciento), oro (-39,9 por ciento) y plata (-17,9 por ciento). Asimismo, el sector agropecuario disminuyó en 6,0 por ciento interanual en agosto, sustentado en la reducción de la actividad agrícola (-8,1 por ciento), contrarrestado parcialmente por el incremento en el subsector pecuario (0,2 por ciento). En cuanto a los otros indicadores de actividad económica, en agosto se incrementó el crédito total (6,5 por ciento); mientras que disminuyeron el crédito de consumo (-6,0 por ciento), crédito hipotecario (-1,4 por ciento), despachos de cemento (-13,7 por ciento) y la inversión pública (-56,4 por ciento). (p.3)

## **5.2. Evaluación de expedientes técnicos**

Para el desarrollo de esta investigación se escogieron quince expedientes técnicos del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (Provias descentralizados) de los últimos 15 años teniendo en consideración que sean caminos de bajo volumen de tránsito donde cumplan con un Índice Medio Diario Anual (IMDa) menor a 200 vehículos por día, los que se serán descritos en la tabla N°39.

Tabla N° 39: Expedientes técnicos seleccionados

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
1	Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura	Moto lineal	25	25													50		
		Station wagon	5	4														9	
		Camioneta pick up	22	28														50	
		Camioneta panel	7	7														14	
		Camioneta rural (combi)	13	13														26	
		Camión 2E	15	19														34	
2	Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de	Auto	2	2	1												5		
		Station wagon	34	28	8													70	
		Camioneta pick up	9	7	6													22	
		Camioneta rural (combi)	17	13	7													37	
		Bus B2	2	2	2													6	
		Camión 2E	4	4	1													9	

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL			
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200		
	Andahuaylas, departamento de Apurímac	Camión 3e	1	0	0												1			
3	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca	Auto	8	1	4	4	3	8										28		
		Station wagon	25	5	24	24	15	0											93	
		Camioneta pick up	48	26	23	22	12	8											139	
		Camioneta rural (combi)	17	8	12	11	8	3											59	
		Micro M3	9	5	5	4	2	2											27	
		Bus B2	7	3	2	3	2	2											19	
		Camión 2E	21	12	5	5	4	0											47	
		Camión 3E	47	26	14	5	2	3											97	
		Camión 4E	8	5	3	2	0	0											18	
		Semitrayler T3S2	1	0	0	0	0	0											1	
Trayler C3R3	1	1	0	0	0	0											2			

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
4	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo Ayacucho Km. 50+000 - Km. 98+800	Auto	6														6		
		Camioneta pick up	7															7	
		Camioneta rural (combi)	12															12	
		Micro M3	1															1	
		Bus B2	11															11	
		Bus B3	2															2	
		Camión 2E	18															18	
		Camión 3E	1															1	
5	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay	Auto	6	157													6	157	
		Camioneta pick up	10	115													10	115	
		Camioneta rural (combi)	5	23													5	23	
		Micro M3	3	18													3	18	
		Bus B2	1	7													1	7	

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL	
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200
		Camión 2E	3	50													3	50
		Camión 3E	0	74													0	74
		Semitrayler T2S3	0	30													0	30
		Trayler C3R2	0	2													0	2
6	Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio	Auto	612	157	95	38	0	51	5	0	0	0	58	44	13	14	151	936
		Station wagon	235	133	42	36	1	43	4	2	0	0	33	18	0	15	104	458
		Camioneta pick up	266	75	27	17	25	130	57	89	44	44	96	25	23	69	454	533
		Camioneta panel	67	19	2	0	0	6	3	0	0	0	15	4	0	11	13	114
		Camioneta rural (combi)	104	18	11	11	4	44	1	0	0	0	32	22	0	9	82	174
		Micro M3	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
		Bus B2	1	2	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
		Camión 2E	86	44	23	20	4	17	3	7	1	1	10	2	0	8	55	171
		Camión 3E	29	16	11	12	5	19	12	1	0	0	22	4	4	18	57	96

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL	
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200
		Camión 4E	1	4	3	0	0	4	2	0	0	0	2	0	1	2	7	12
		Semitrayler T2S1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Semitrayler T2S2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Semitrayler T2S3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Semitrayler T3S2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Semitrayler T3S3	9	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	13	
7	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz	Auto	11	2	22	106										2	139	
		Camioneta pick up	125	22	228	809											22	1162
		Camioneta rural (combi)	168	45	270	753											45	1191
		Micro M3	1	0	3	25											0	29
		Bus B2	0	0	0	12											0	12
		Bus B3	0	0	0	25											0	25
		Bus B4	0	0	0	1											0	1

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL	
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200
		Camión 2E	61	15	81	118											15	260
		Camión 3E	3	1	18	30											1	51
		Camión 4E	4	0	1	2											0	7
		Semitrayler T3S3	0	0	1	118											0	119
		Trayler C3R2	0	0	0	6											0	6
8	Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio	Auto	73	30	27	17	3	13	7	1	10	15					123	73
		Station wagon	22	15	7	9	3	49	48	70	10	28					239	22
		Camioneta pick up	92	33	42	52	9	36	21	42	45	46					326	92
		Camioneta panel	4	1	2	0	0	2	2	1	4	3					15	4
		Camioneta rural (combi)	29	9	6	24	20	60	64	21	36	52					292	29
		Micro M3	13	5	3	9	0	7	17	13	17	0					71	13
		Bus B2	0	1	21	20	2	2	8	10	14	2					80	0
		Bus B3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					1	0

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
		Camión 2E	32	23	31	29	6	10	11	11	24	7					152	32	
		Camión 3E	13	8	21	23	3	4	7	5	8	18					97	13	
		Camión 4E	4	1	0	2	0	0	0	0	1	0					4	4	
		Semitrayler T3S3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0					1	0	
		Traylers C3R3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	1	
9	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca. Tramo: Chongoyape - Llama	Auto	5	2													7		
		Station wagon	40	5														45	
		Camioneta pick up	44	39														83	
		Camioneta rural (combi)	12	2														14	
		Bus B2	27	25														52	
		Camión 2E	56	48														104	
		Camión 3E	12	11														23	
10	Rehabilitación y mejoramiento de la	Auto	17	2	0												2	17	

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
	carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10	Camioneta pick up	78	19	21												40	78	
		Camioneta rural (combi)	66	9	0													9	66
		Bus B2	15	13	2													15	15
		Camión 2E	18	8	9													17	18
		Camión 3E	13	3	0													3	13
11	Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)	Auto	147	64	24	19												43	211
		Station wagon	281	94	33	5												38	375
		Camioneta pick up	54	24	10	7												17	78
		Camioneta panel	17	1	0	0												0	18
		Camioneta rural (combi)	77	42	8	3												11	119
		Camión 2E	60	12	2	3												5	72
		Camión 3E	31	1	0	0												0	32
		Semitrayler T2S3	3	0	0	0												0	3

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL	
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200
		Traylers C3R3	1	0	0	0											0	1
12	Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac	Auto	4														4	
		Station wagon	22														22	
		Camioneta pick up	5														5	
		Camioneta panel	2														2	
		Camioneta rural (combi)	17														17	
		Camión 2E	13														13	
13	Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19	Auto	28	10	7	42	27	37	265	661							44	1033
		Station wagon	99	22	16	103	30	81	359	261							68	903
		Camioneta pick up	82	21	9	54	33	41	104	166							63	447
		Camioneta panel	7	1	0	13	7	0	16	53							8	89
		Camioneta rural (combi)	43	12	9	36	24	23	34	29							45	165
		Micro M3	12	3	0	0	1	2	24	40							4	78

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
		Bus B2	62	9	0	5	2	2	2	38							11	109	
		Bus B3	1	0	0	1	0	0	0	89							0	91	
		Bus B4	0	0	0	0	0	0	0	36							0	36	
		Camión 2E	47	14	11	35	31	29	91	194							56	396	
		Camión 3E	12	19	4	16	15	10	22	108							38	168	
		Camión 4E	0	2	0	3	2	2	7	37							4	49	
		Semitrayler T2S3	13	19	1	0	1	1	1	356							21	371	
		Trayler C2R2	0	1	1	0	0	1	1	29							2	31	
14	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín	Auto	4	21													4	21	
		Camioneta pick up	84	383														84	383
		Camioneta rural (combi)	22	33														22	33
		Micro M3	4	4														4	4
		Bus B2	13	12														13	12

	PROYECTO	TIPO DE VEHÍCULO	IMDa														TOTAL		
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	Veh < 200	Veh > 200	
		Camión 2E	33	48													33	48	
		Camión 3E	4	4													4	4	
15	Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaen - San Ignacio - Rio Canchis	Auto	7														7		
		Station wagon	136															136	
		Camioneta pick up	17															17	
		Camioneta panel	8															8	
		Camioneta rural (combi)	3															3	
		Camión 2E	19															19	
		Camión 3E	1															1	

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1. Clasificación vehicular – Vehículo característico

Según los expedientes técnicos en mención, después de que cada proyectista encargado instalara sus estaciones de control en las zonas que consideraban relevantes para realizar el conteo de vehículos, procesamos la data para obtener así el índice medio diario anual (IMDa) para cada expediente técnico, representando este resultado en gráficos que nos muestra tanto la cantidad como el porcentaje de los tipos de vehículos que transitan por dichas zonas.

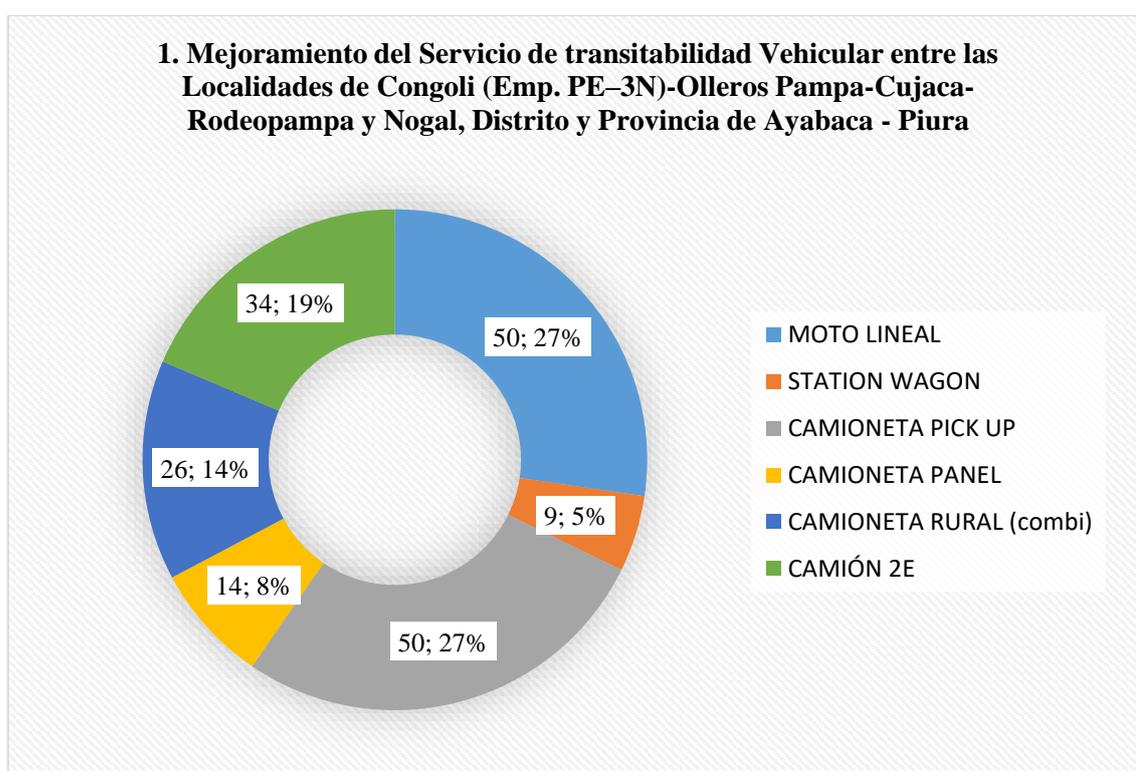


Figura N° 31: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°1

Fuente: Elaboración propia

**2. Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal:  
Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long.  
29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de  
Andahuaylas, departamento de Apurímac**

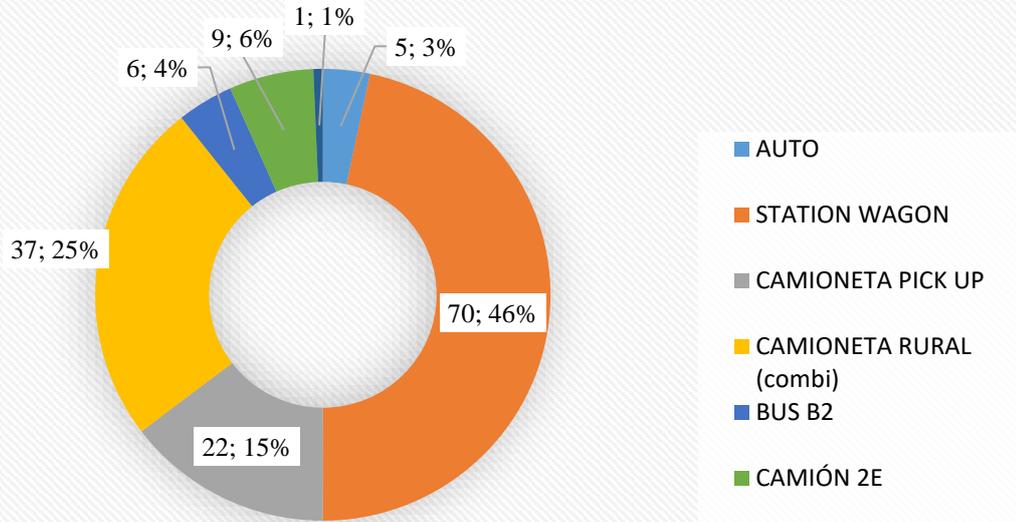


Figura N° 32: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°2

Fuente: Elaboración propia

**3. Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara  
- Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo:  
Tauca - Pallasca**

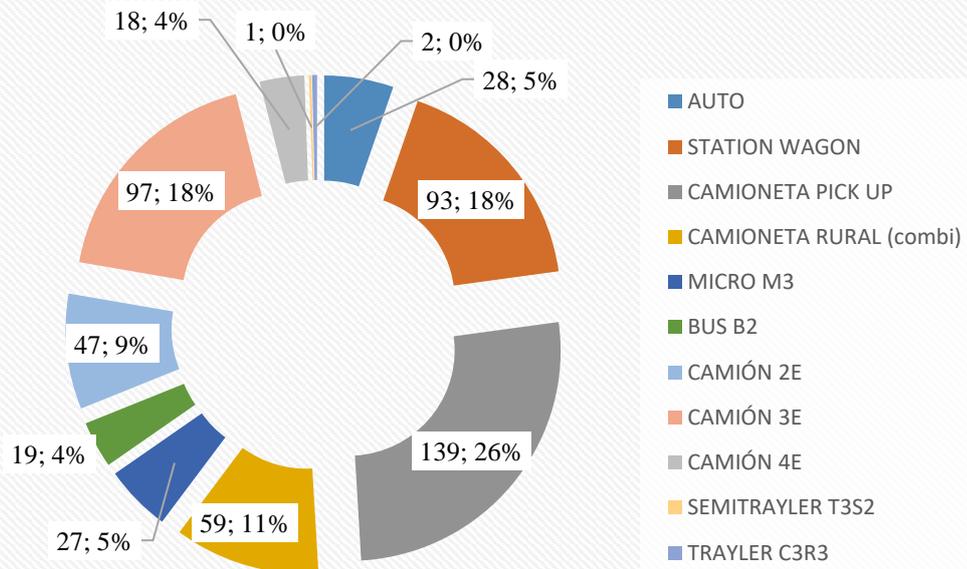


Figura N° 33: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°3

Fuente: Elaboración propia

**4. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo Ayacucho Km. 50+000 - Km. 98+800**

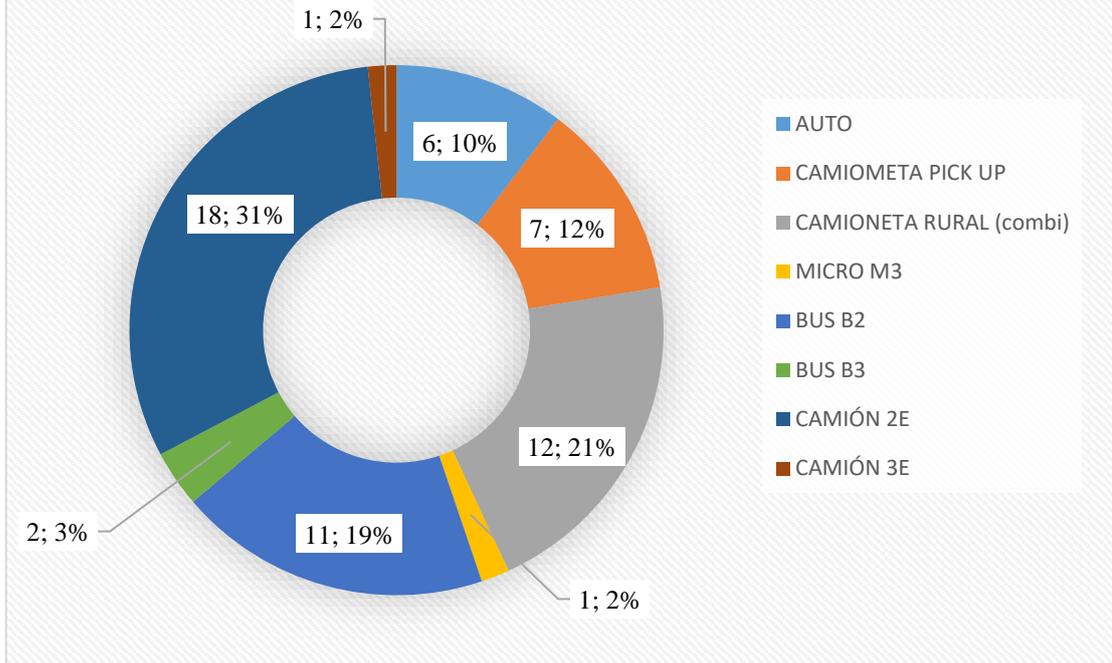


Figura N° 34: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°4

Fuente: Elaboración propia

**5. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay**

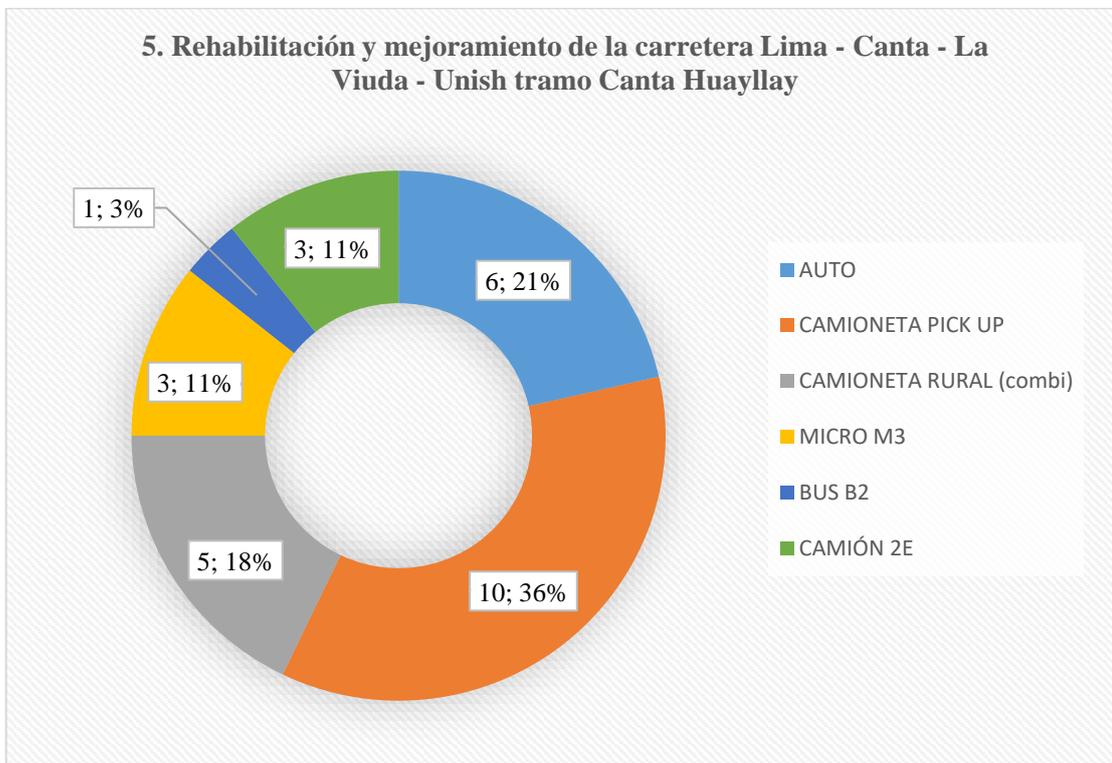


Figura N° 35: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°5

Fuente: Elaboración propia

**6. Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio**

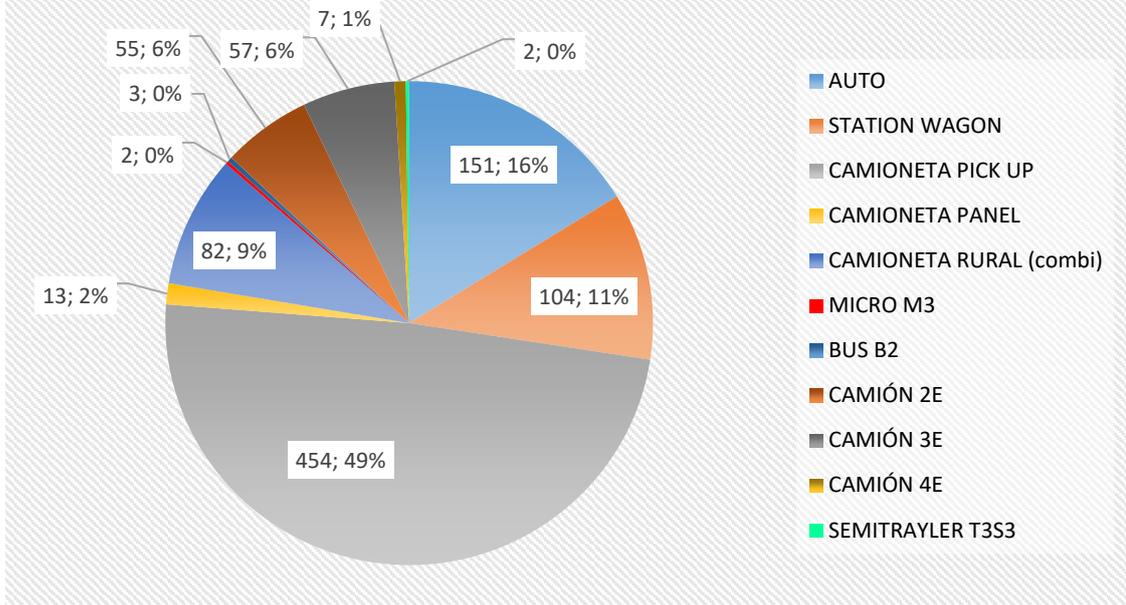


Figura N° 36: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°6

Fuente: Elaboración propia

**7. Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz**

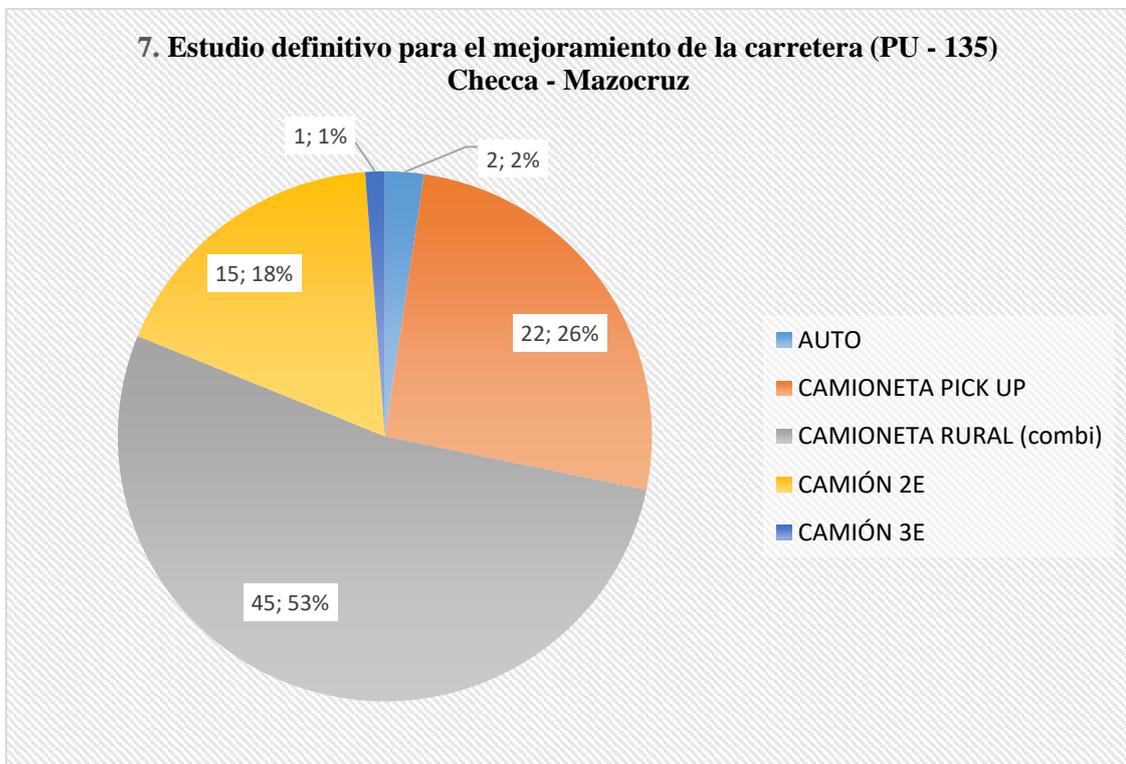


Figura N° 37: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°7

Fuente: Elaboración propia

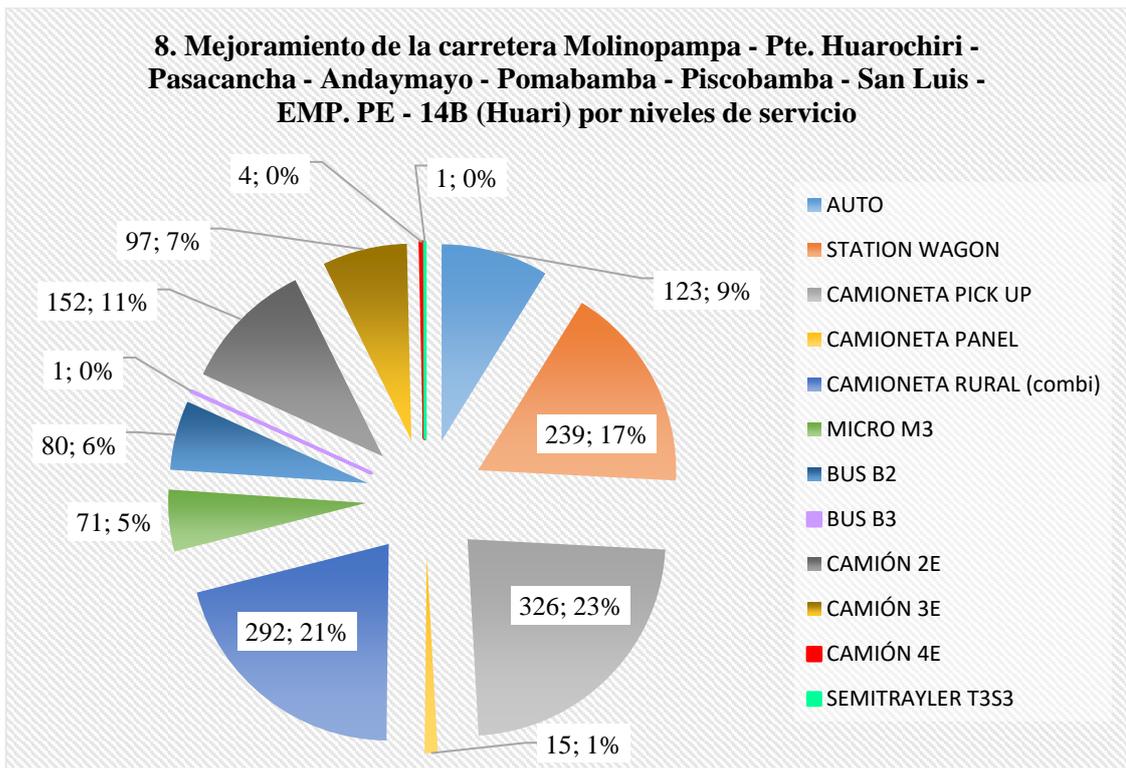


Figura N° 38: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°8

Fuente: Elaboración propia

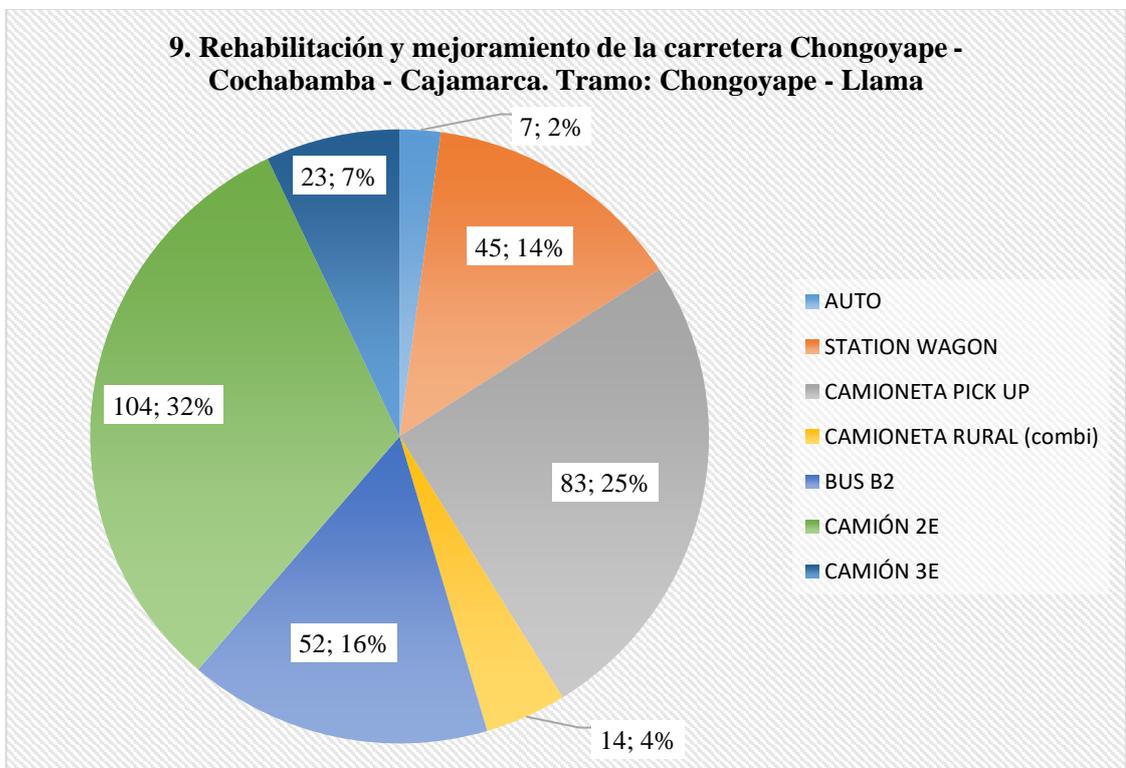


Figura N° 39: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°9

Fuente: Elaboración propia

**10. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10**

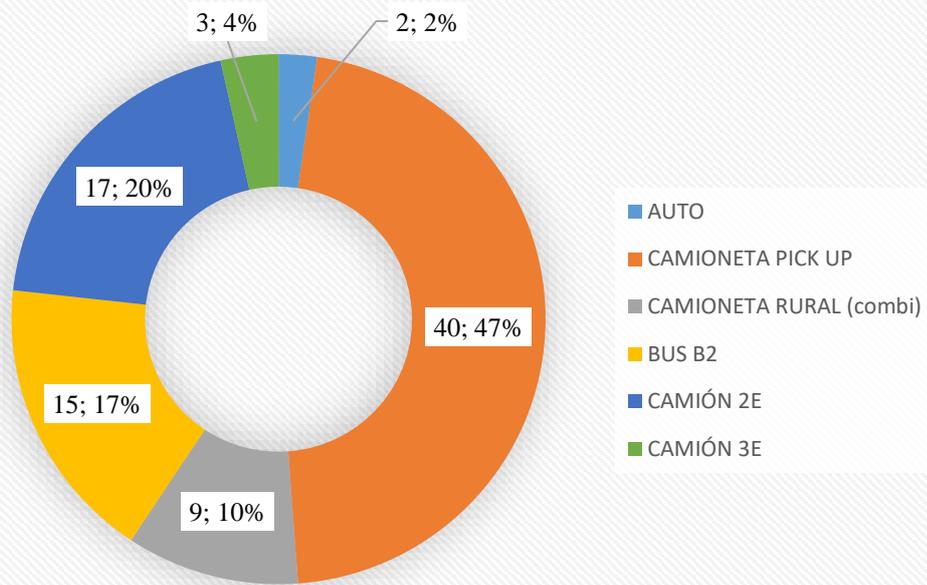


Figura N° 40: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°10

Fuente: Elaboración propia

**11. Mejoramiento de la carretera Rodriguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)**

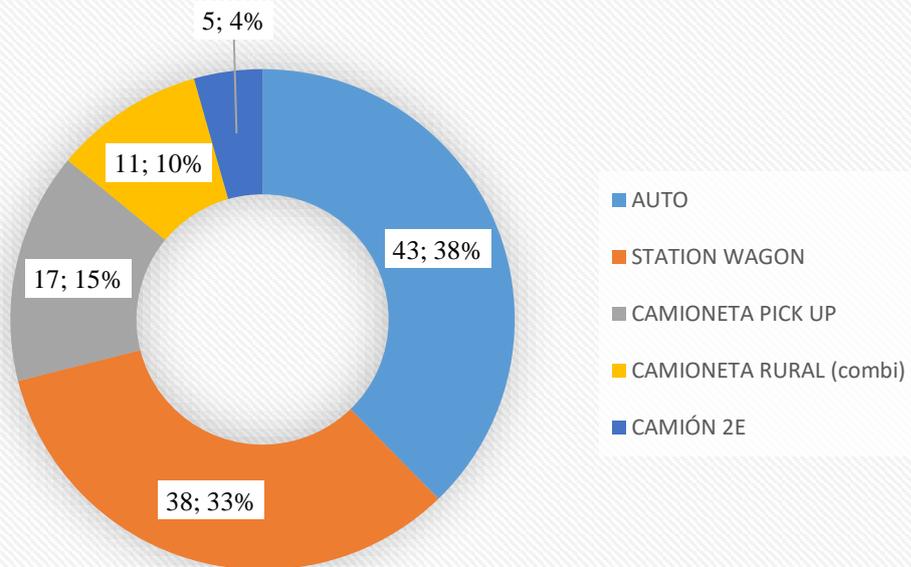


Figura N° 41: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°11

Fuente: Elaboración propia

**12. Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurimac**

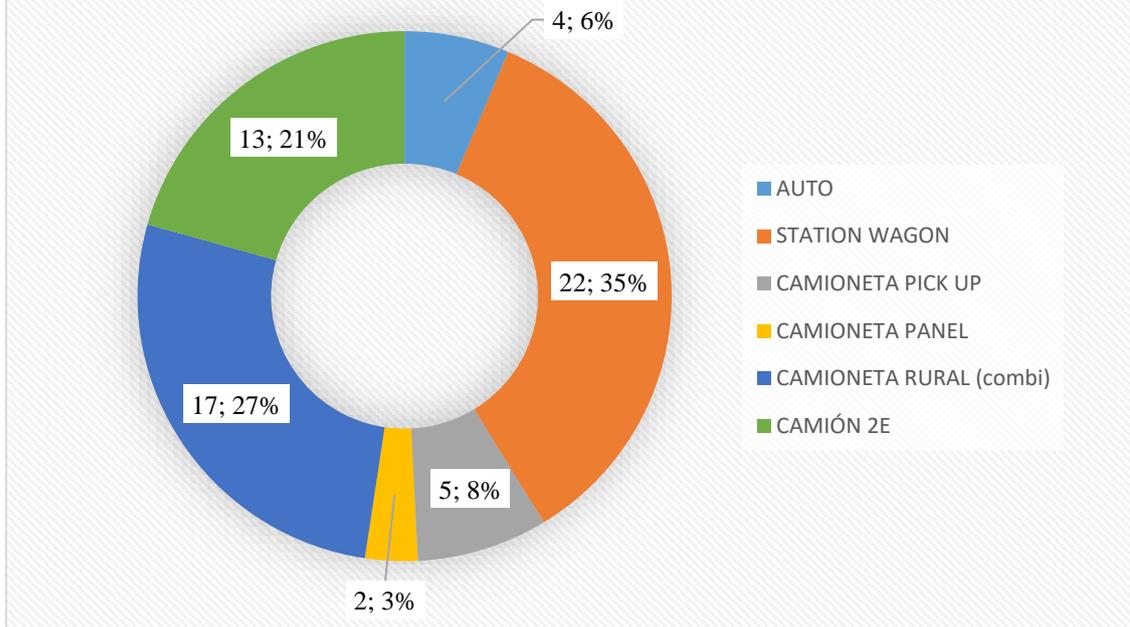


Figura N° 42: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°12

Fuente: Elaboración propia

**13. Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19**

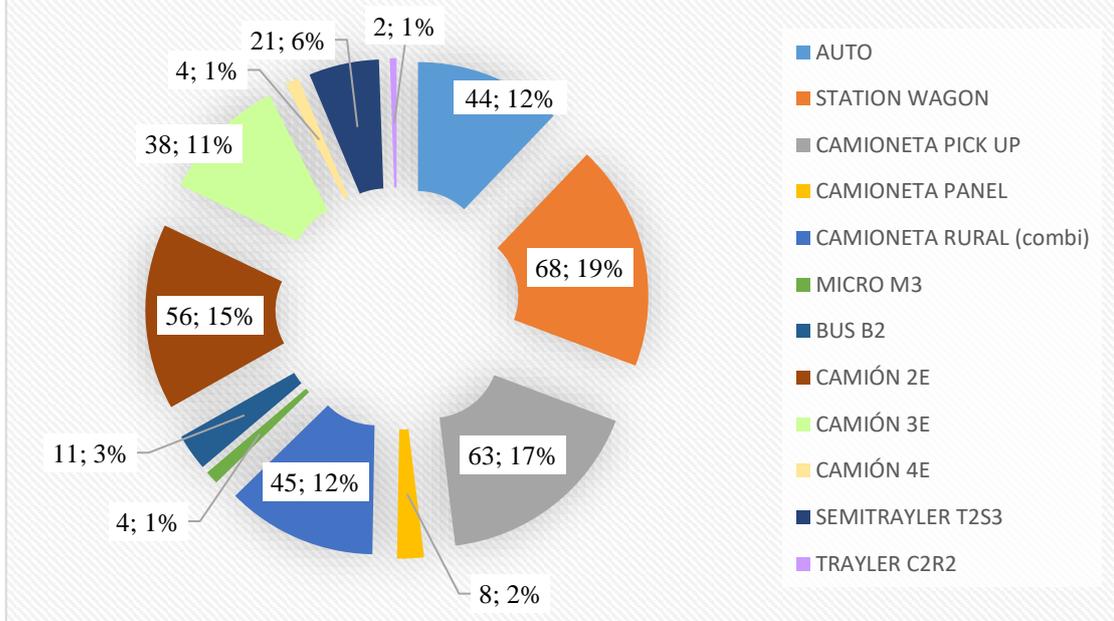


Figura N° 43: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°13

Fuente: Elaboración propia

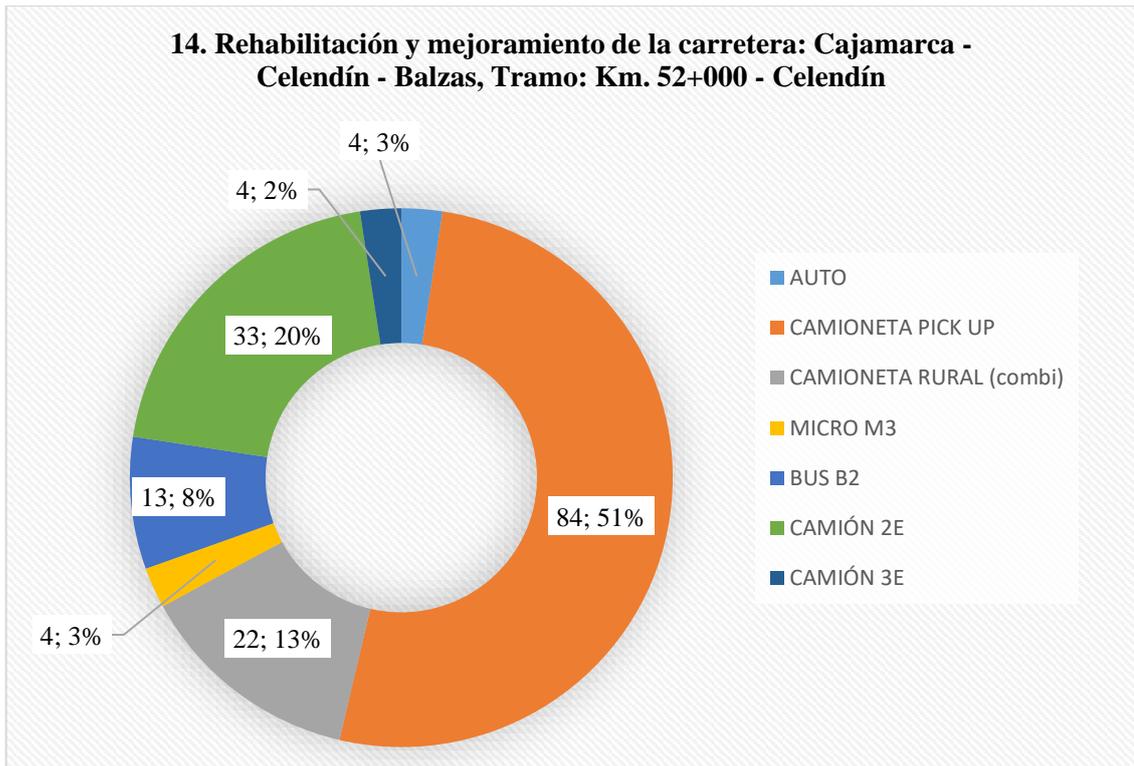


Figura N° 44: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°14

Fuente: Elaboración propia

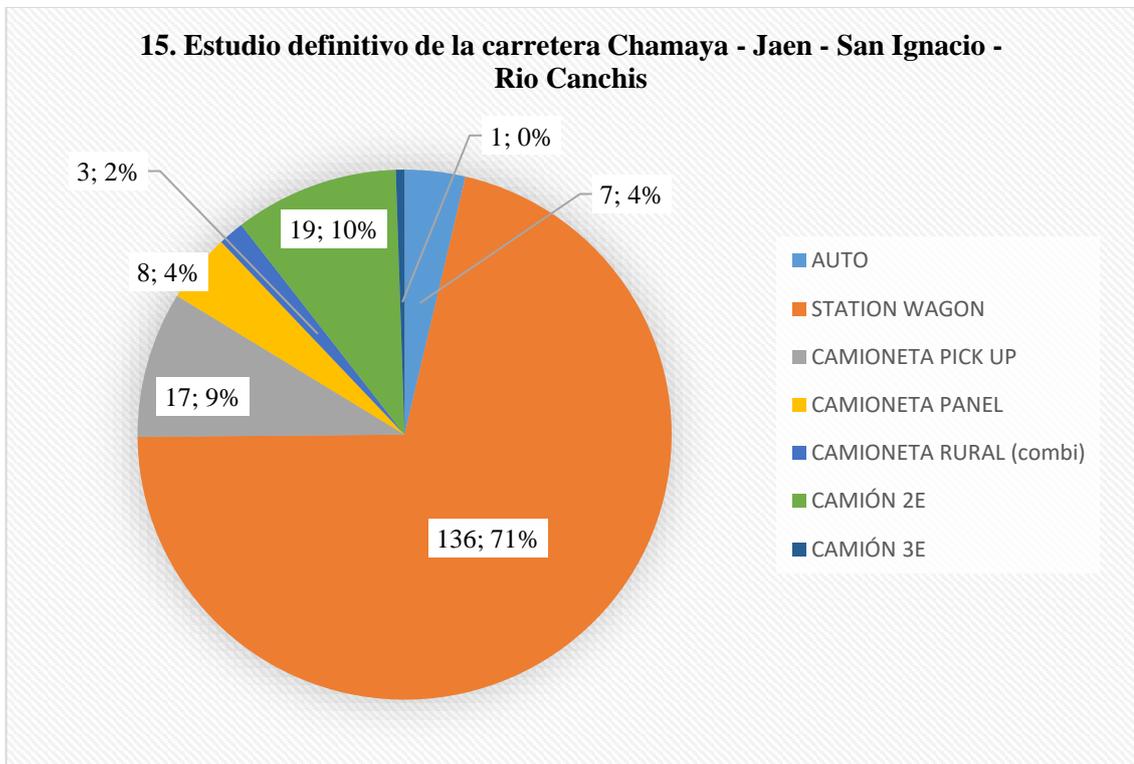


Figura N° 45: Composición vehicular del IMDa - Expediente N°15

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI

Para la proyección del tráfico futuro de vehículos para pasajeros y camiones de carga, se necesitan considerar los indicadores macroeconómicos de los departamentos involucrados en el proyecto, se aplica la ecuación descrita en el capítulo II donde para los vehículos ligeros se utilizará la tasa de crecimiento poblacional y para los vehículos pesados el producto bruto interno (PBI), por lo que para esta evaluación se consideraran los valores de los indicadores macroeconómicos tomados en los expedientes técnicos y los valores más recientes que nos brinda el Institucional Nacional de Estadística e Informática en sus informes “Perú: crecimiento y distribución de la población, 2017” y “Producto Bruto Interno por departamentos 2018” puesto que estos se encuentran en el rango de proyección de tráfico. Además, sabemos que para el diseño geométrico y de pavimentos solo se considera el vehículo pesado más no el ligero, por lo que la tasa de crecimiento solo se tomara en cuenta para fines informativos de esta tesis. (ver Tabla N°40)

Tabla N° 40: Indicadores Macroeconómicos

N°	PROYECTO	DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2017 (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI 2018 (%)
1	Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)- Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura	PIURA	1.36	1.0	6.36	4.2

N°	PROYECTO	DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2017 (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI 2018 (%)
2	Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac	APURÍMAC	1.3	0.0	3.20	13.2
3	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca	ANCASH	1.12	0.2	2.69	2.6
4	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo Ayacucho Km. 50+000 - Km. 98+800	AYACUCHO	0.85	0.1	3.5	6.2
5	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay	LIMA, JUNIN Y PASCO	1.2	1.2	3.5	4.8

N°	PROYECTO	DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2017 (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI 2018 (%)
6	Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio	AYACUCHO, HUANCAVELICA, JUNÍN, LIMA, PASCO, UCAYALI	0.85 / 0.8 / 0.81 / 0.75 / -1.89 / 0.63	0.1 / -2.7 / 0.2 / 1.2 / -1.0 / 1.4	8.0 / 4.5 / 4.4 / 6.4 / -0.9 / 3.8	6.2 / 3.3 / 4.8 / 5.1 / -0.3 / 3.4
7	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz	MOQUEGUA. TACNA	1.4 / 1.7	0.8 / 1.3	4.9 / 4.2	1.3 / 2.9
8	Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio	ANCASH	1.41	0.2	6.74	2.6

N°	PROYECTO	DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2017 (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI 2018 (%)
9	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca. Tramo: Chongoyape - Llama	CAJAMARCA, LAMBAYEQUE, LIMA, LA LIBERTAD	1.1 / 1.2 / 1.6 / 2.0	-0.3 / 0.7 / 1.2 / 1	3.5 / 3.7 / 3.6 / 3.6	2.9 / 5.0 / 5.1 / 3.7
10	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10	LA LIBERTAD	1.5	1.0	6.9	3.7
11	Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)	SAN MARTIN, LAMBAYEQUE, LIMA	1.4 / 0.6 / 1.4	1.1 / 0.7 / 1.2	4.2 / 4.2 / 4.3	5.8 / 5.0 / 5.1
12	Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac	APURÍMAC	0.4	0.0	3.46	13.2

N°	PROYECTO	DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 2017 (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI EXPEDIENTE TÉCNICO (%)	TASA DE CRECIMIENTO PBI 2018 (%)
13	Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19	LIMA, PASCO, HUANUCO	1.9 / 0.4 / 0.5	1.2 / -1.0 / -0.6	5.7 / 5.9 / 4.5	5.1 / -0.3 / 5.9
14	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín	CAJAMARCA	1.1	-0.3	3.8	2.9
15	Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaen - San Ignacio - Rio Canchis	CAJAMARCA	1.2	-0.3	4.1	2.9

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Factor camión

De la misma manera por cada tipo de vehículo de cada expediente se ha tomado el valor que consideran para Factor Camión con el que determinan el EAL y luego el diseño de pavimentos. (ver tabla N°41)

Tabla N° 41: Factor Camión por cada expediente técnico

N°	PROYECTO	VEHÍCULO CON MAYOR DEMANDA	FACTOR CAMIÓN SEGÚN E.T.		
			E1	E2	E3
1	Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)- Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura	CAMIÓN 2E	3.477		
		CAMIÓN 3E	2.526		
2	Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacombamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.	BUS B2	4.503		
		CAMIÓN 2E	3.477		
		CAMIÓN 3E	2.526		
3	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca	BUS B2	3.019		
		CAMIÓN 2E	1.161		
		CAMIÓN 3E	4.790		
		CAMIÓN 4E	1.500		
4	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay	BUS B2	2.343	5.470	
		BUS B3	3.724	2.986	
		CAMIÓN 2E	1.153	2.990	
		CAMIÓN 3E	9.274	10.54	
5	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay	BUS B2	4.651		
		CAMIÓN 2E	2.802		

N°	PROYECTO	VEHÍCULO CON MAYOR DEMANDA	FACTOR CAMIÓN SEGÚN E.T.		
			E1	E2	E3
		CAMIÓN 3E	3.615		
		SEMITRAYLER T2S3	5.252		
6	Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio	CAMIÓN 2E	0.321	2.193	0.906
		CAMIÓN 3E	2.211	2.722	4.939
		CAMIÓN 4E	1.710	0.366	2.47
		SEMITRAYLER T3S3	2.219	3.306	2.202
7	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz	BUS B2	4.376		
		BUS B3	4.776		
		BUS B4	1.656		
		CAMIÓN 2E	1.170		
		CAMIÓN 3E	11.234		
		CAMIÓN 4E	4.951		
8	Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari)por niveles de servicio	BUS B2	1.160		
		BUS B3	2.631		
		CAMIÓN 2E	2.308		
		CAMIÓN 3E	2.191		
		CAMIÓN 4E	2.774		
		SEMITRAYLER T3S3	6.523		
9	Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca, Tramo: Chongoyape - Llama	BUS B2	4.888	3.620	
		CAMIÓN 2E	6.793	3.406	
		CAMIÓN 3E	10.982	8.301	
10	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera	BUS B2	3.824		

N°	PROYECTO	VEHÍCULO CON MAYOR DEMANDA	FACTOR CAMIÓN SEGÚN E.T.		
			E1	E2	E3
	Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10	CAMION 2E	0.778		
		CAMIÓN 3E	4.897		
11	Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)	CAMIÓN 2E	0.954	0.961	
		CAMIÓN 3E	2.013	18.540	
		SEMITRAYLER T2S3	0.000	5.030	
12	Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac	CAMIÓN 2E	4.504		
13	Mejoramiento de la carretera Oyón - Ambo	BUS B2	1.930		
		CAMIÓN 2E	0.954		
		CAMIÓN 3E	2.429		
		CAMIÓN 4E	1.558		
		SEMITRAYLER T2S3	2.915		
14	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín (2009)	BUS B2	1.125		
		CAMIÓN 2E	1.241		
		CAMIÓN 3E	1.380		
15	Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaen - San Ignacio - Rio Canchis"	CAMIÓN 2E	4.568		
		CAMIÓN 3E	3.284		

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3. Presentación de resultados

#### 5.3.1. Vehículo característico

Actualmente el manual de diseño de carreteras del 2018 nos da una clasificación vehicular por el tipo de carrocería que se describe en el capítulo II, pero según los expedientes estudiados y las plantillas que el Ministerios de Transportes y Comunicaciones brinda para el estudio de conteo de trafico la clasificación a la que más se asemejan es a la del manual de AASHTO por lo que para fines didácticos y de una manera más ordenada se están considerando dicha clasificación que se resumirá en la tabla N°42.

Tabla N° 42: Resumen del Indice Medio Diario Anual

CLASIFICACIÓN	TIPO DE VEHÍCULO	VEHICULOS < 200	TOTAL	%
<b>VEHÍCULOS LIGEROS</b>	MOTO LINEAL	50	50	0.30%
	AUTO	432	3019	18.27%
	STATION WAGON	824	2582	15.63%
	CAMIONETA PICK UP	1339	4227	25.58%
	CAMIONETA PANEL	60	285	1.72%
	CAMIONETA RURAL (combi)	679	2479	15.00%
<b>VEHÍCULOS PESADOS</b>	MICRO M3	112	258	1.56%
	BUS B2	211	371	2.25%
	BUS B3	3	119	0.72%
	BUS B4	0	37	0.22%
	CAMIÓN 2E	580	1627	9.85%
	CAMIÓN 3E	323	774	4.68%
	CAMIÓN 4E	14	86	0.52%
	SEMITRAYLER T2S1	0	1	0.01%
	SEMITRAYLER T2S2	0	1	0.01%
	SEMITRAYLER T2S3	21	426	2.58%

CLASIFICACIÓN	TIPO DE VEHÍCULO	VEHICULOS < 200	TOTAL	%
	SEMITRAYLER T3S2	0	2	0.01%
	SEMITRAYLER T3S3	3	135	0.82%
	TRAYLER C2R2	2	33	0.20%
	TRAYLER C3R2	0	8	0.05%
	TRAYLER C3R3	1	3	0.02%
<b>TOTAL</b>		<b>4654</b>	<b>16523</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para fines de esta investigación de los expedientes N°5 “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay”, N°6 “Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio”, N°7 “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz”, N°8 “Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio”, N°10 “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10”, N°11 “Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)”, N°13 “Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19” y N°14 “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín” no se están considerando las estaciones E-2; E-1,2,3,11 y 14; E-1,3 y 4; E-1; E-1; E-1 y E-2; E-1,4,6,7 y 8 y finalmente E-2 respectivamente porque superan los 200 vehículos por día anualmente, siendo esto un requisito para ser considerado como camino de bajo volumen de tránsito por lo que solo se presentaran los resultados gráficamente mas no formaran parte del análisis.

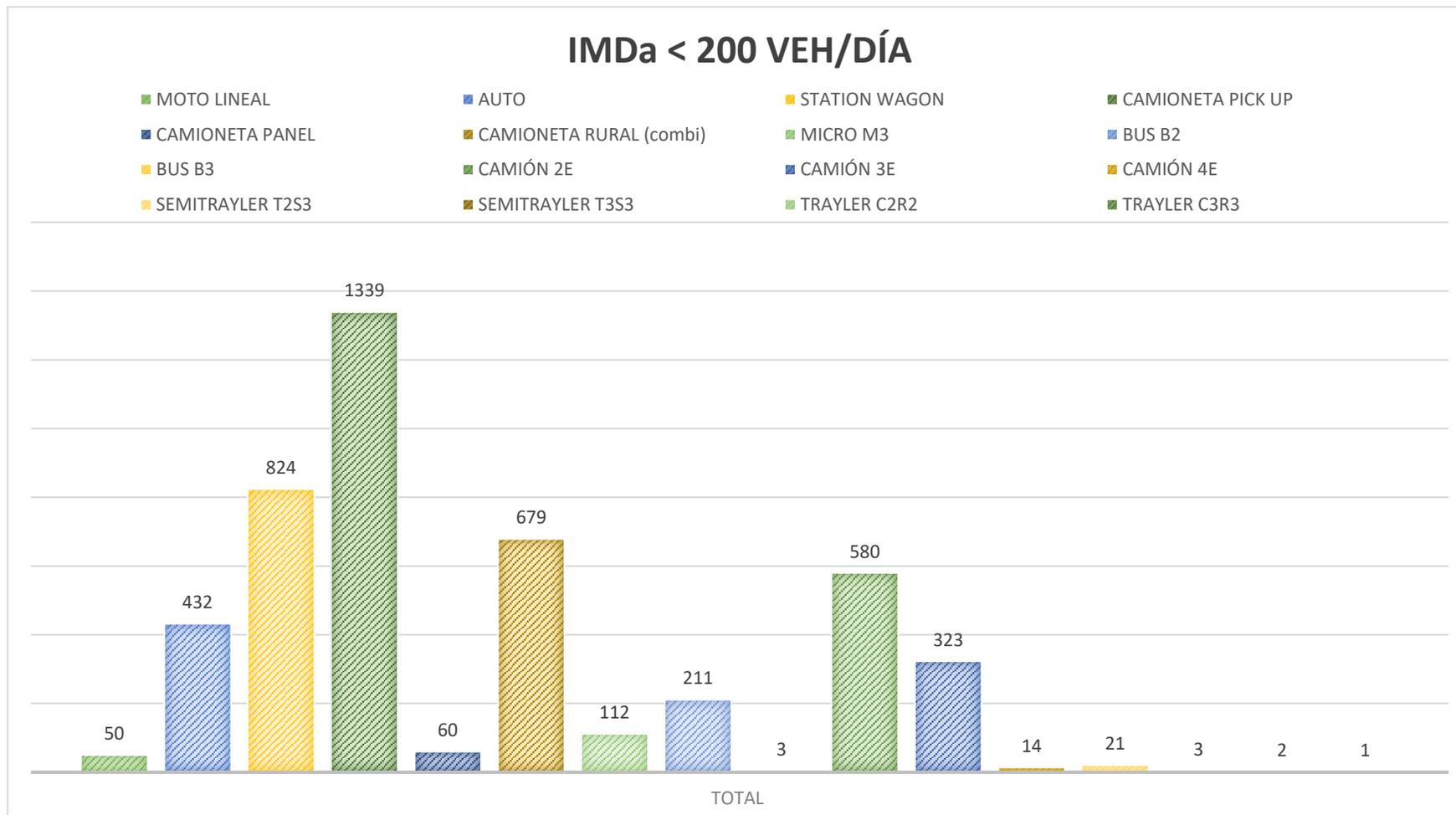


Figura N° 46: Clasificación vehicular total menor de 200 veh/día anualmente

Fuente: Elaboración propia

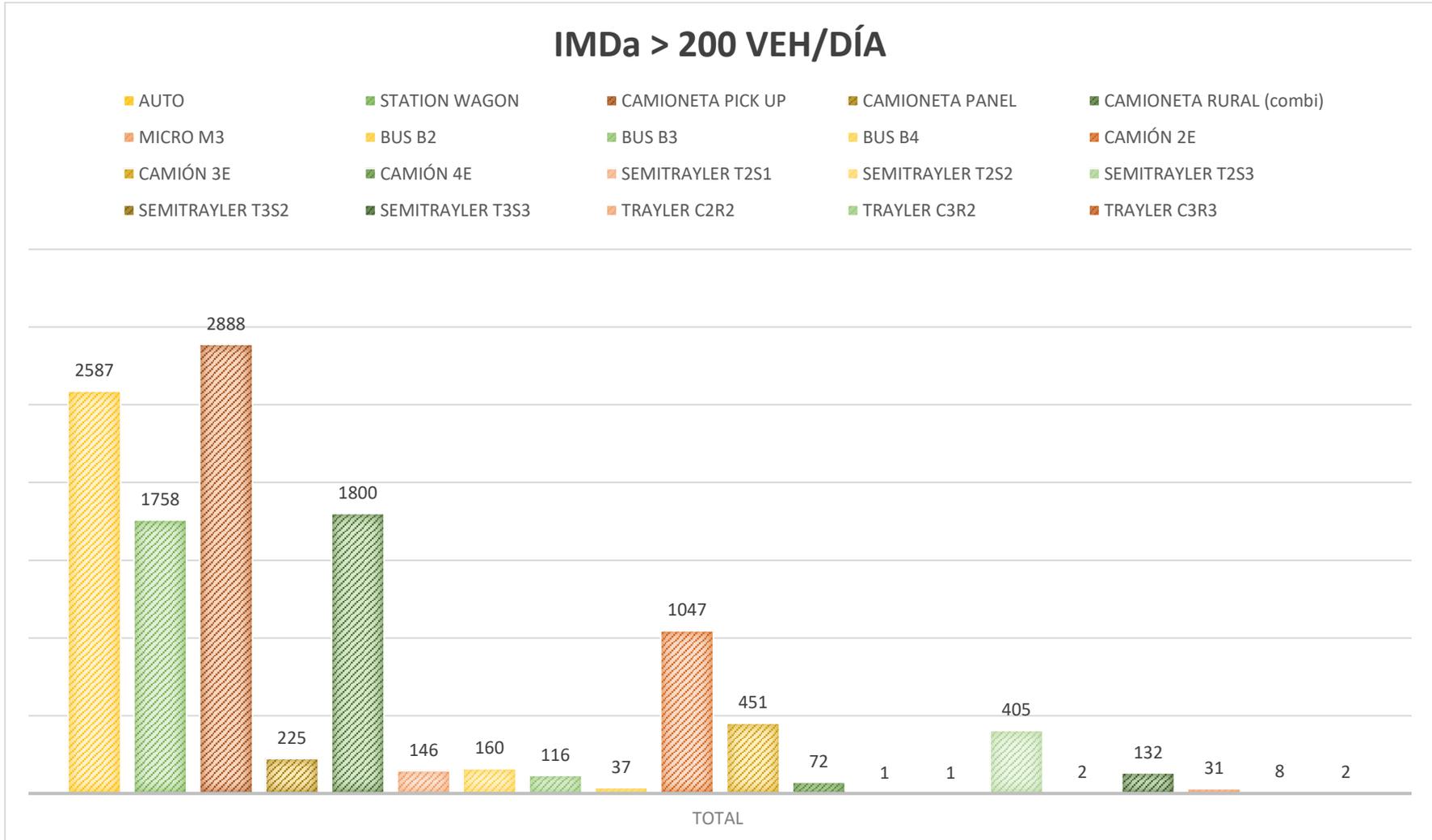


Figura N° 47: Clasificación vehicular total mayor a 200 veh/día anualmente

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°42 se obtienen los siguientes resultados:

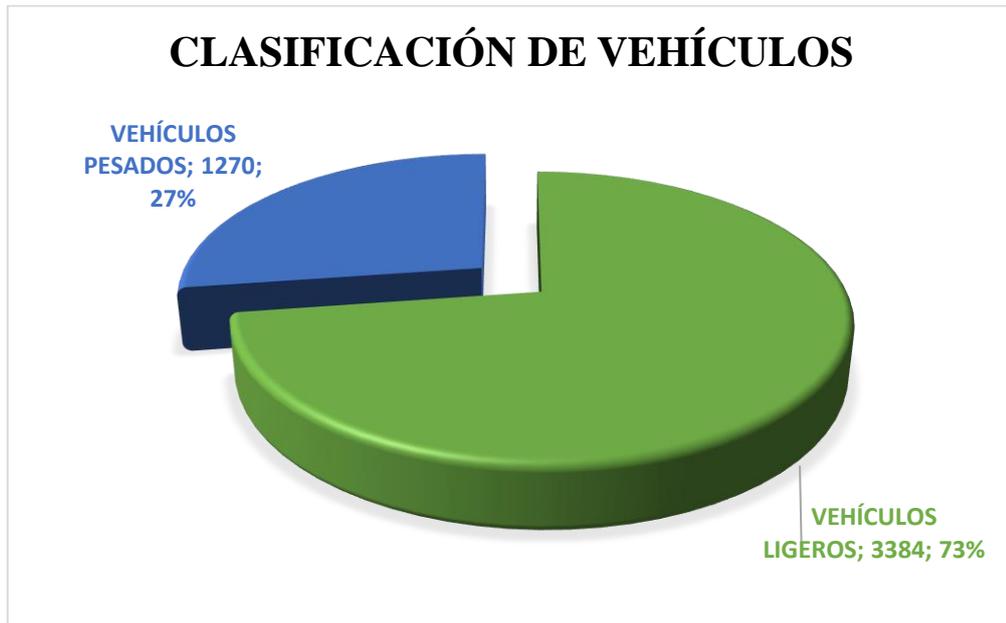


Figura N°48: Clasificación de vehículos  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI

Otro punto fundamentalmente que se tocan en los expedientes técnicos mencionados anteriormente, es el cálculo del tráfico proyecto para un determinado año, para lo cual se involucran los indicadores macroeconómicos como es la tasa de crecimiento población y el productor bruto interno.

**1. Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura**

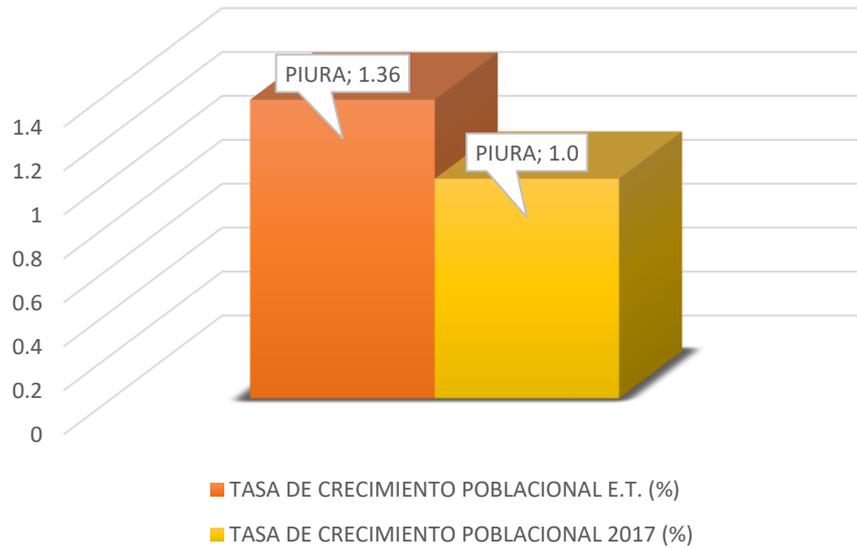


Figura N° 49: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°1

Fuente: Elaboración propia

**2. Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac**

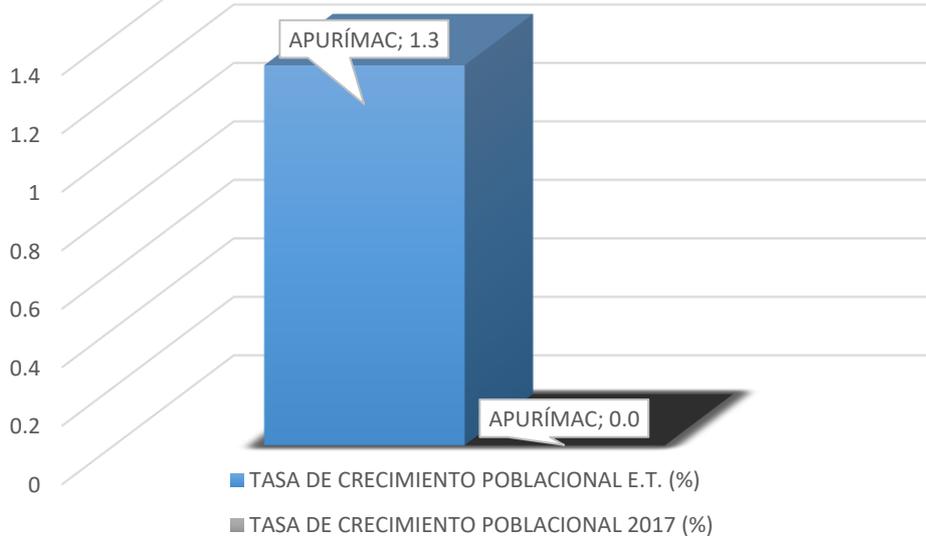


Figura N° 50: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°2

Fuente: Elaboración propia

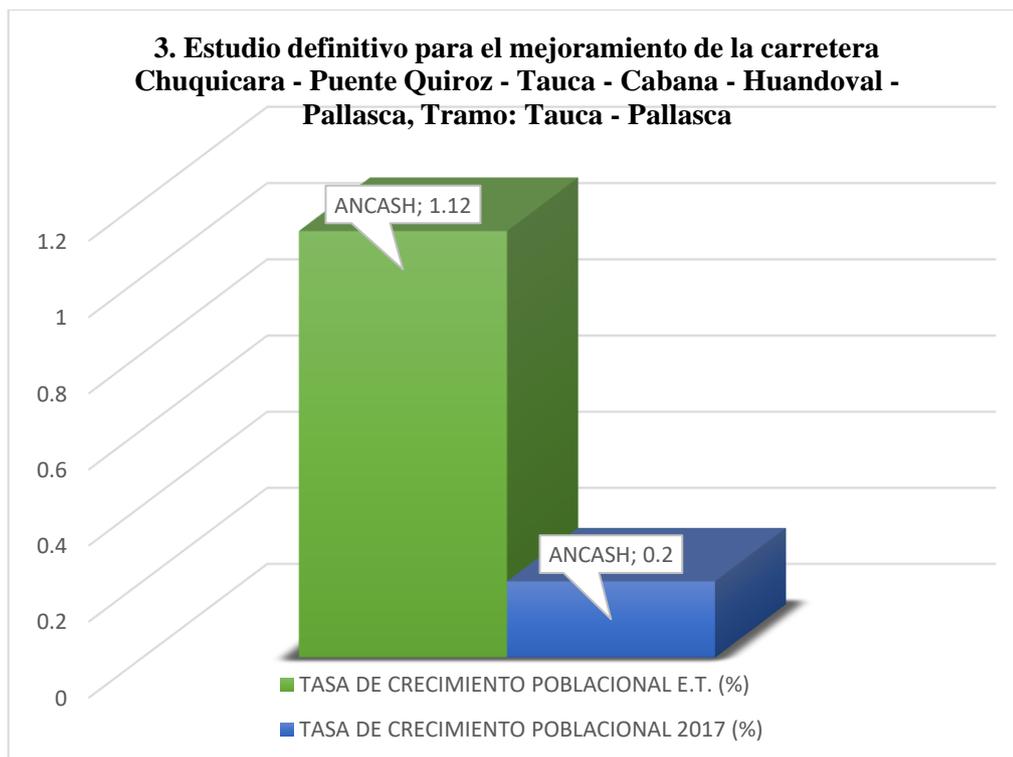


Figura N° 51: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°3

Fuente: Elaboración propia

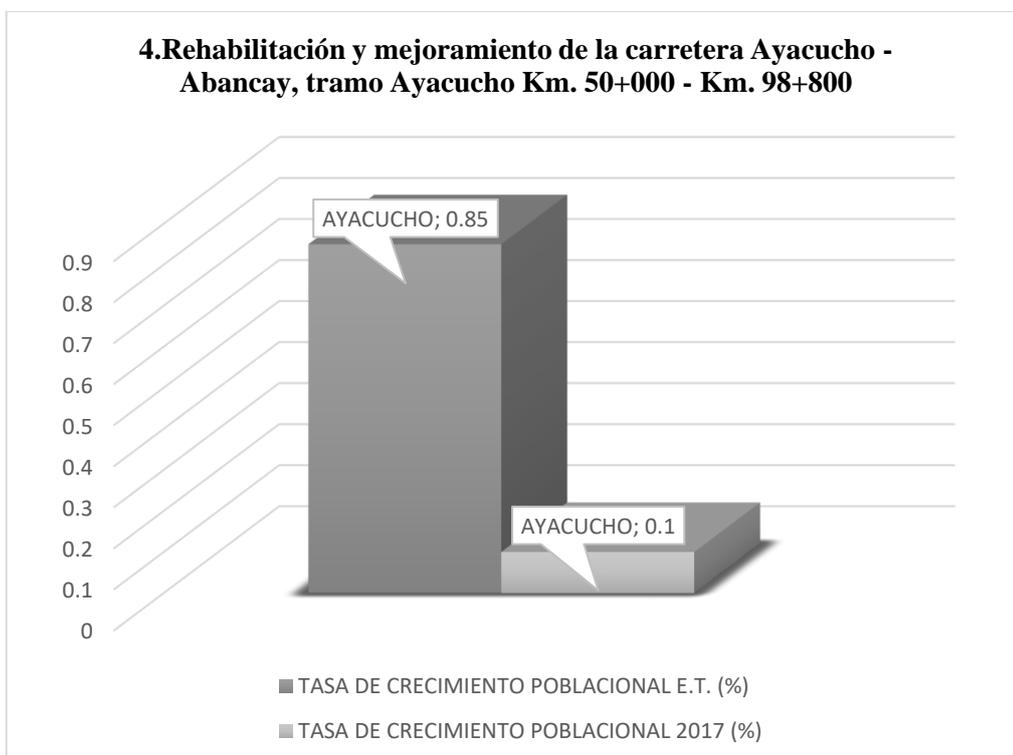


Figura N° 52: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°4

Fuente: Elaboración propia

**5. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay**

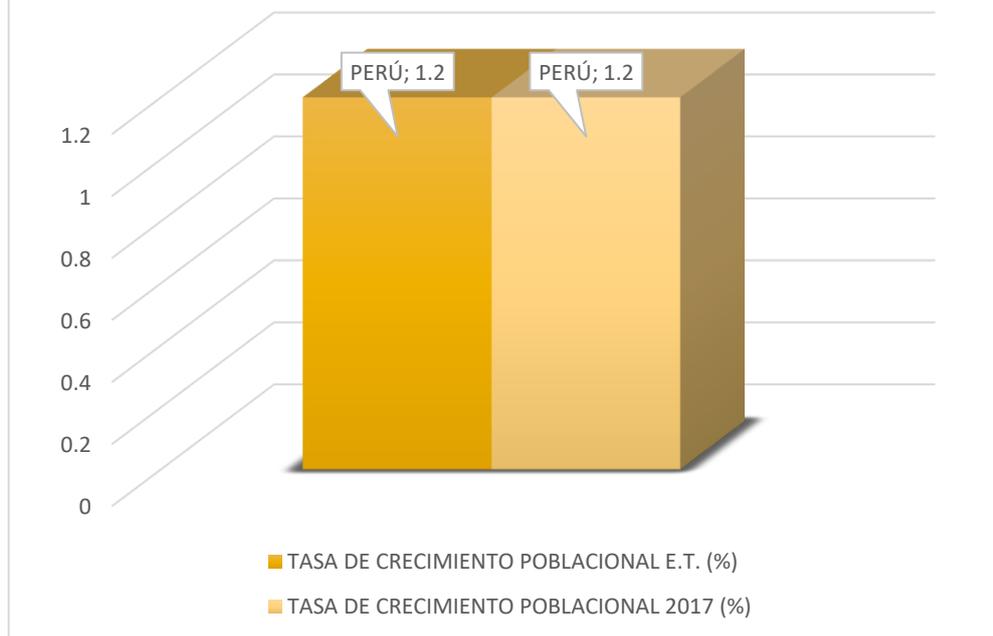


Figura N° 53: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°5

Fuente: Elaboración propia

**6. Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio**

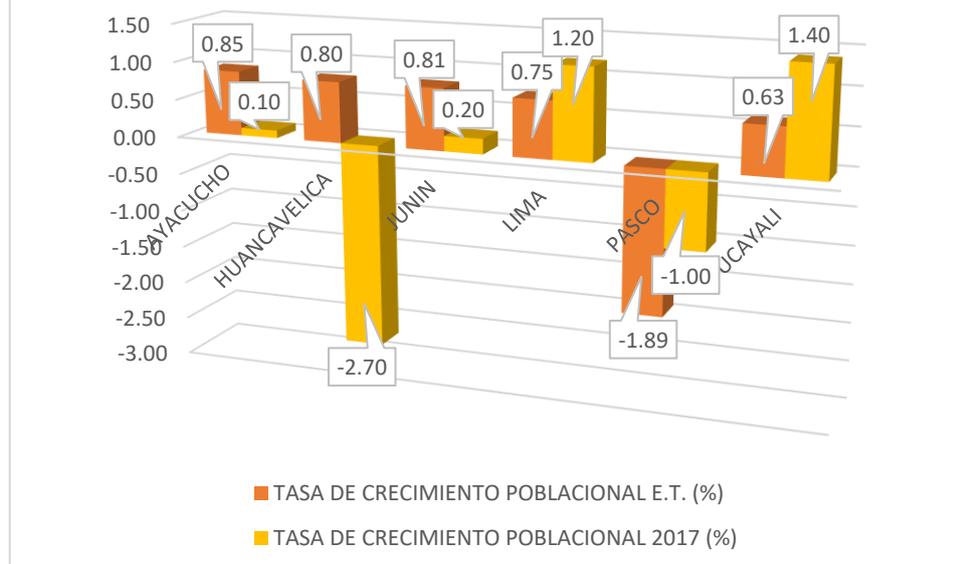


Figura N° 54: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°6

Fuente: Elaboración propia

**7. Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz**

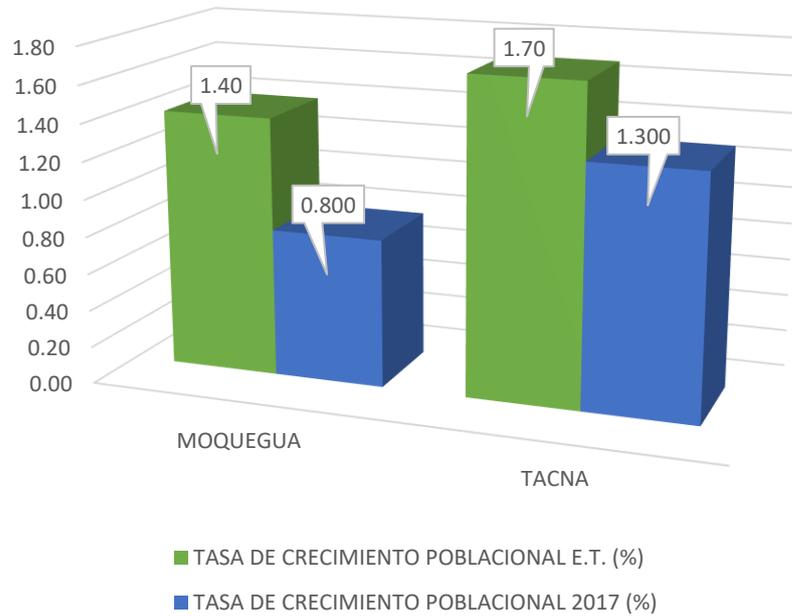


Figura N° 55: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°7

Fuente: Elaboración propia

**8. Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio**

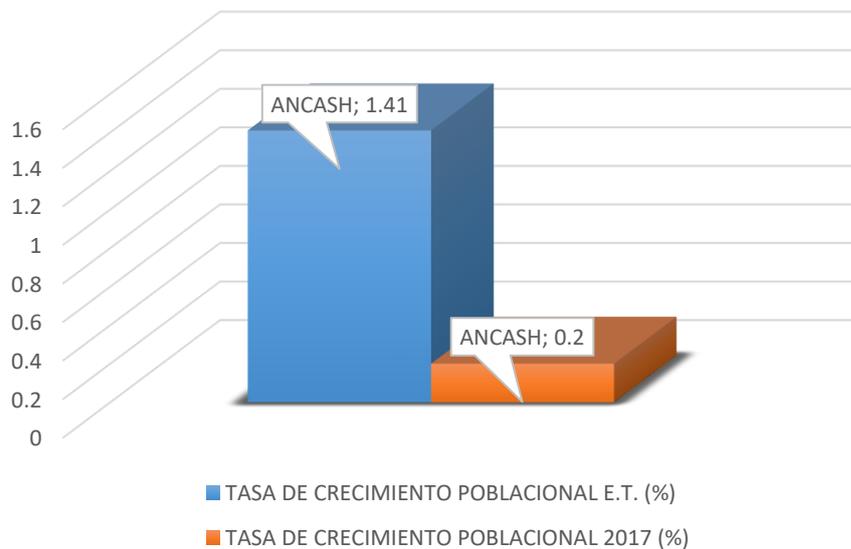


Figura N° 56: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°8

Fuente: Elaboración propia

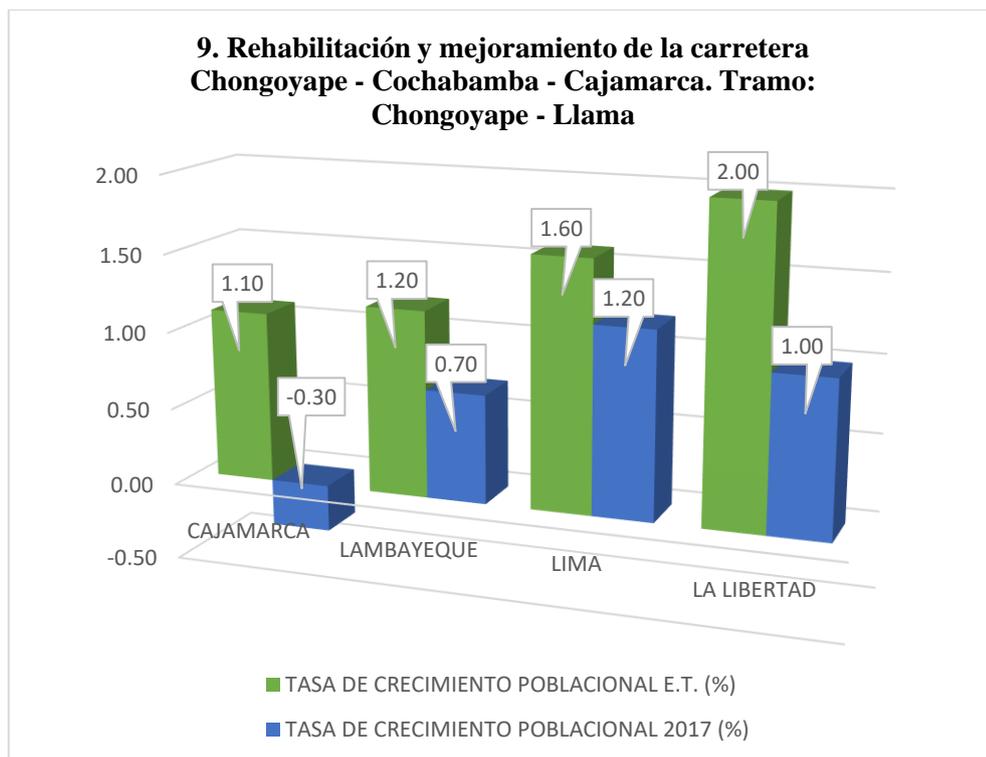


Figura N° 57: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°9

Fuente: Elaboración propia

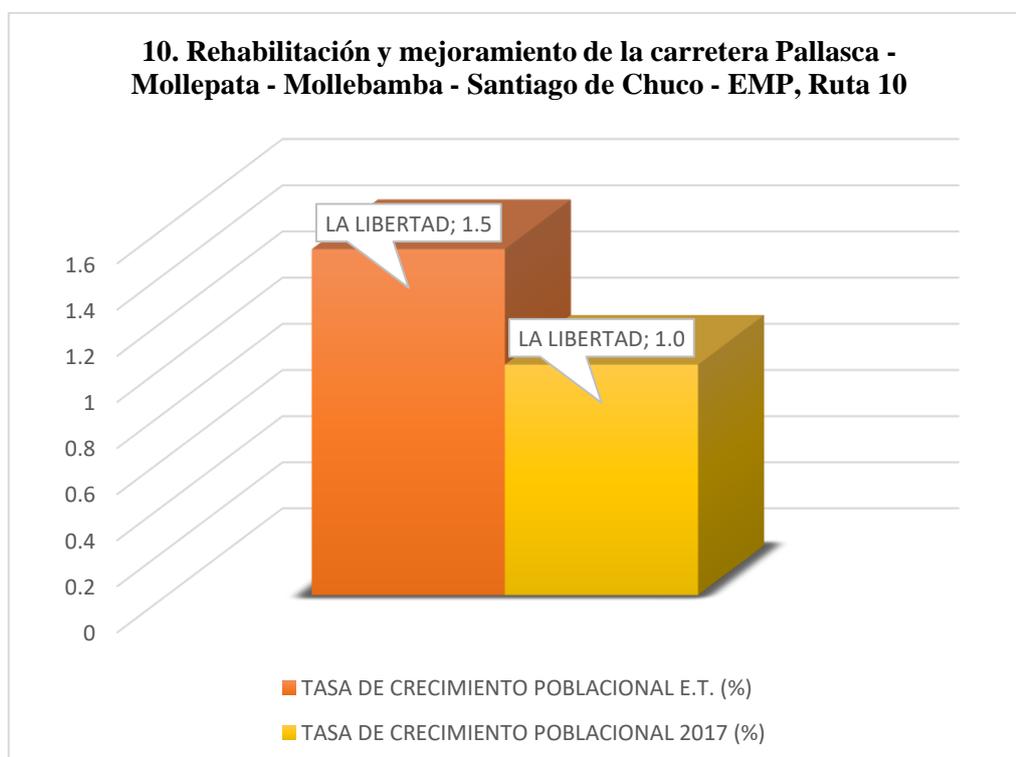


Figura N° 58: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°10

Fuente: Elaboración propia

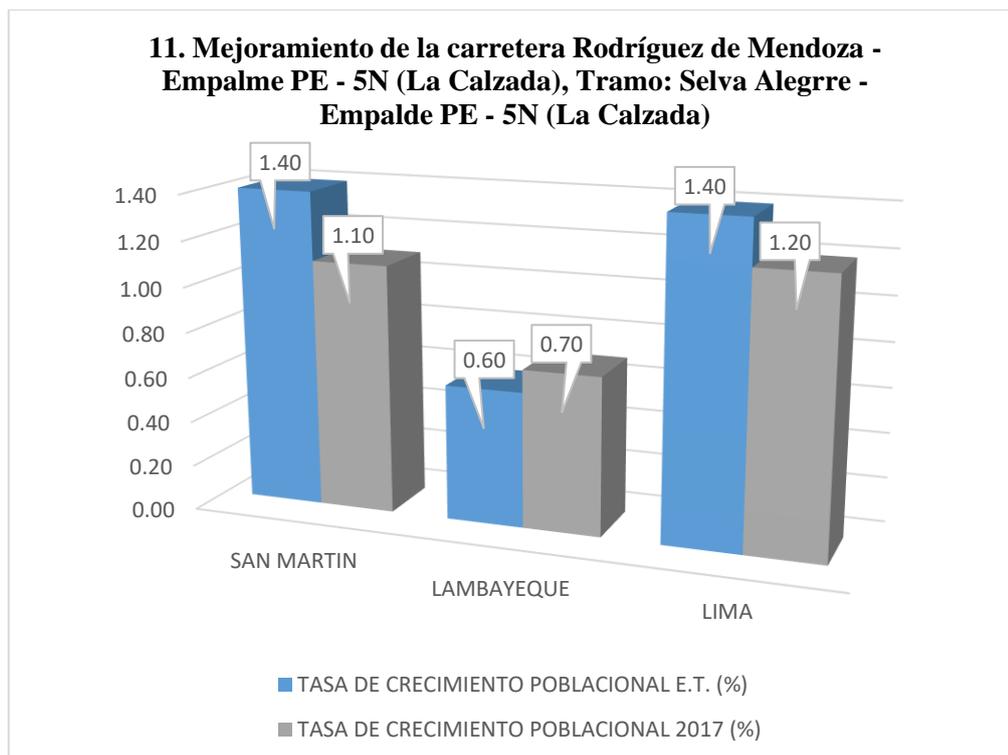


Figura N° 59: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°11

Fuente: Elaboración propia

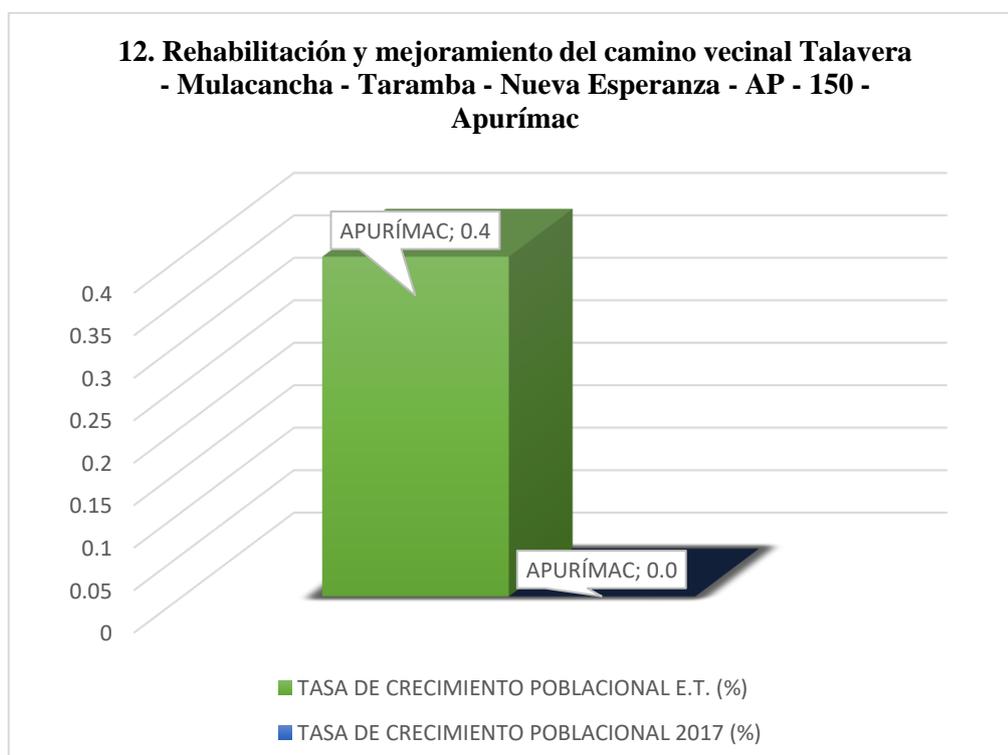


Figura N° 60: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°12

Fuente: Elaboración propia

**13. Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19**

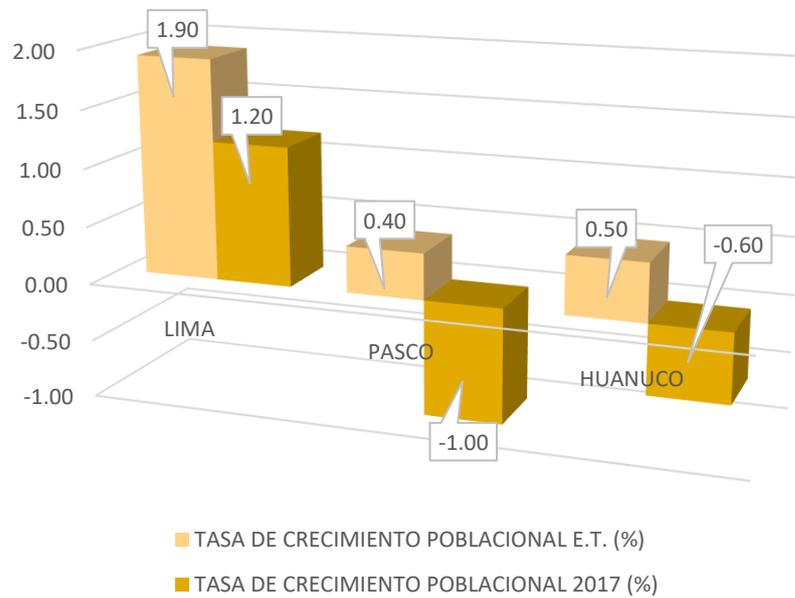


Figura N° 61: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°13

Fuente: Elaboración propia

**14. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín**

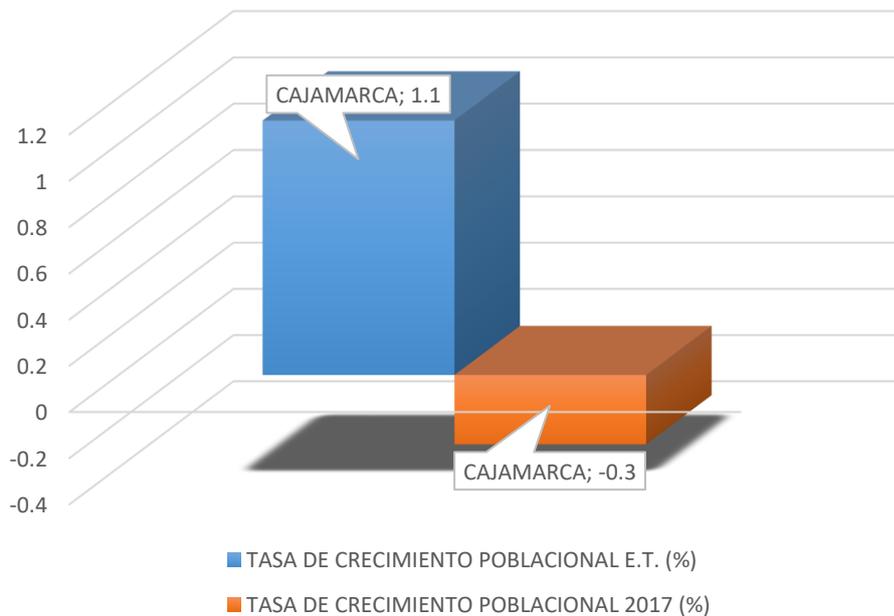


Figura N° 62: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°14

Fuente: Elaboración propia

**15. Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaen - San Ignacio - Rio Canchis**

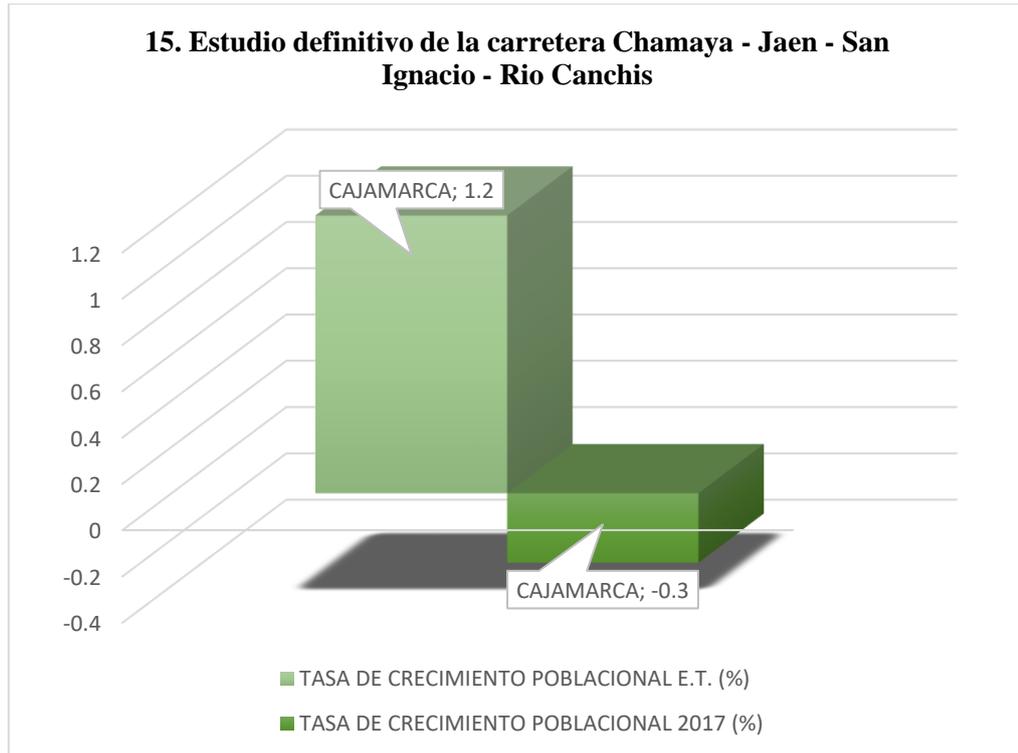


Figura N° 63: Tasa de crecimiento poblacional - Expediente N°15

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, tenemos al producto bruto interno:

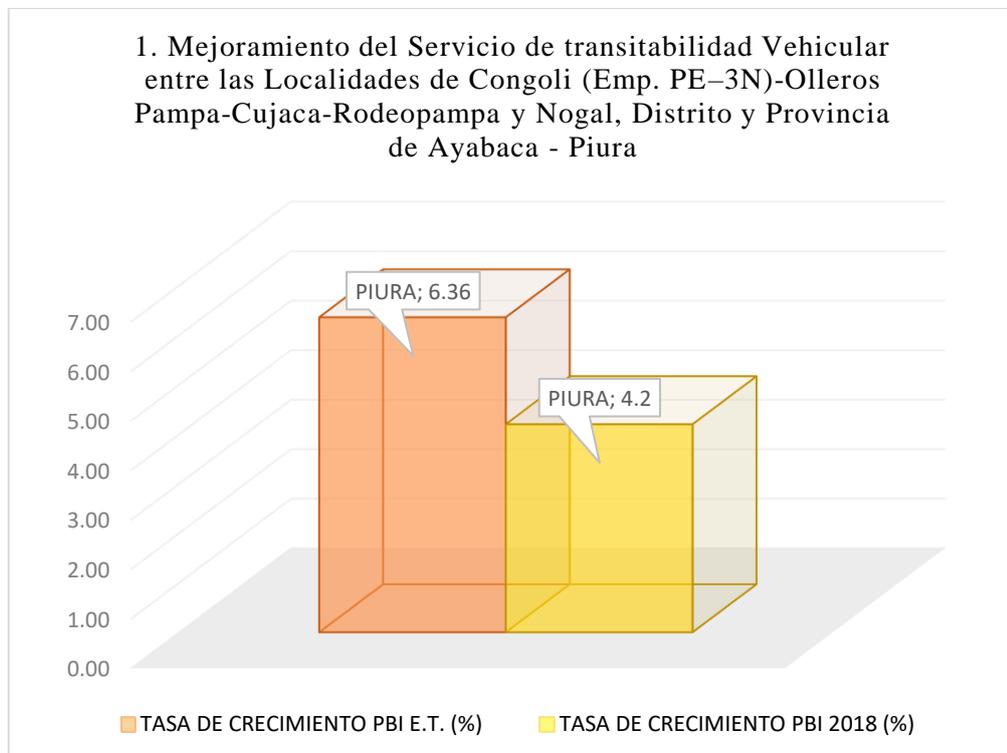


Figura N° 64: Producto Bruto Interno - Expediente N°1

Fuente: Elaboración propia

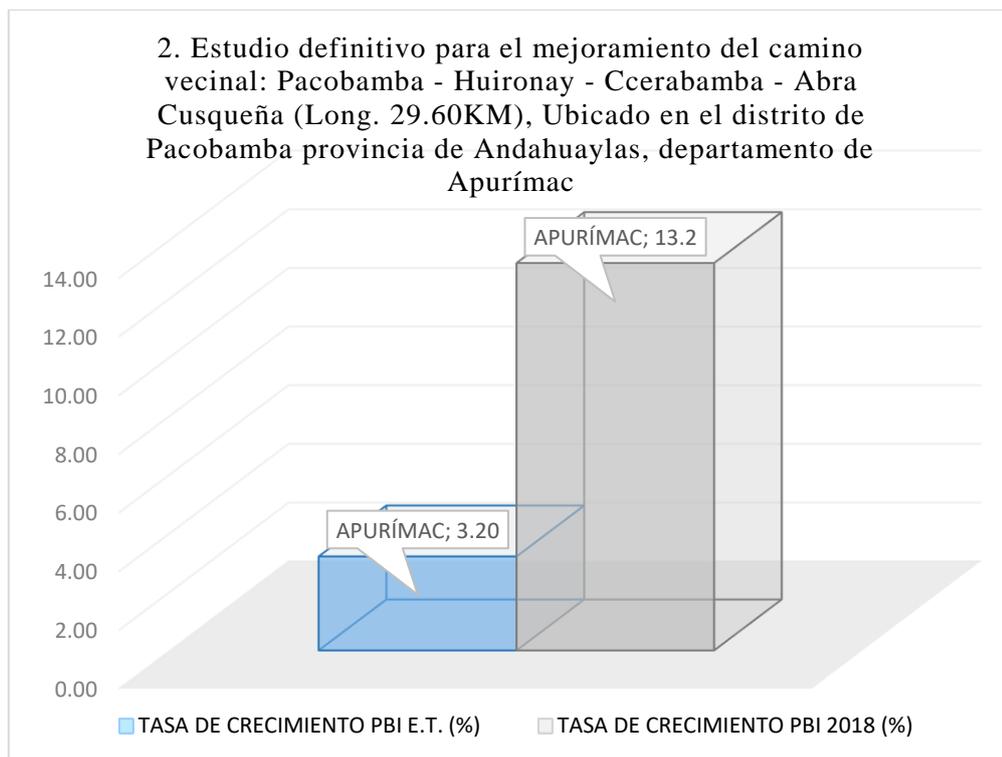


Figura N° 65: Producto Bruto Interno - Expediente N°2

Fuente: Elaboración propia

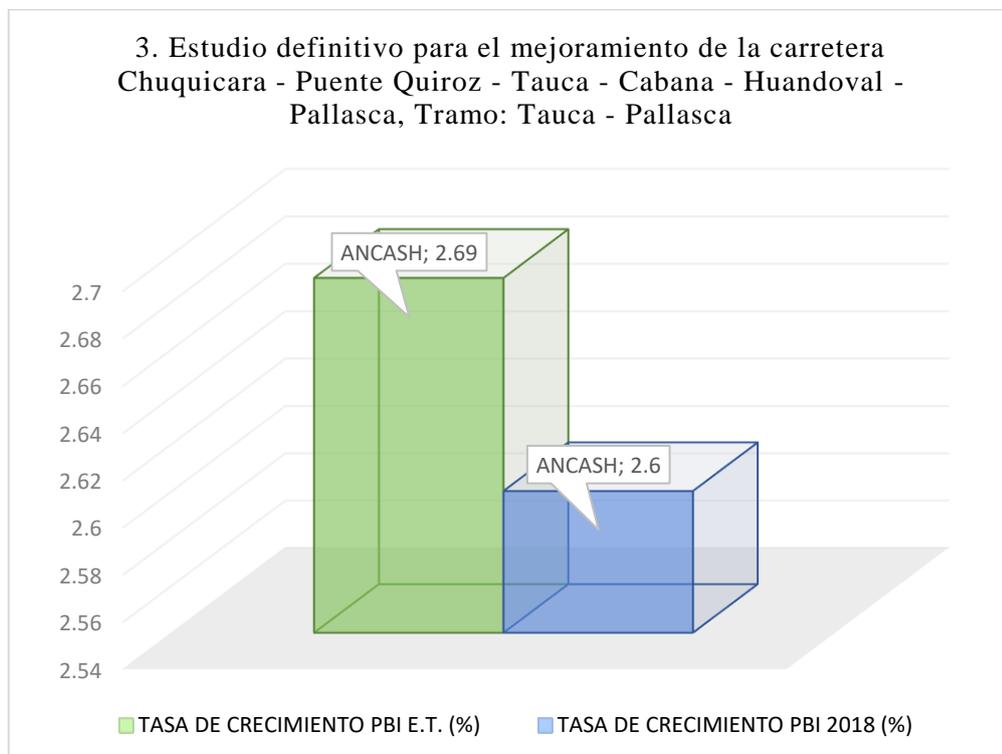


Figura N° 66: Producto Bruto Interno - Expediente N°3

Fuente: Elaboración propia

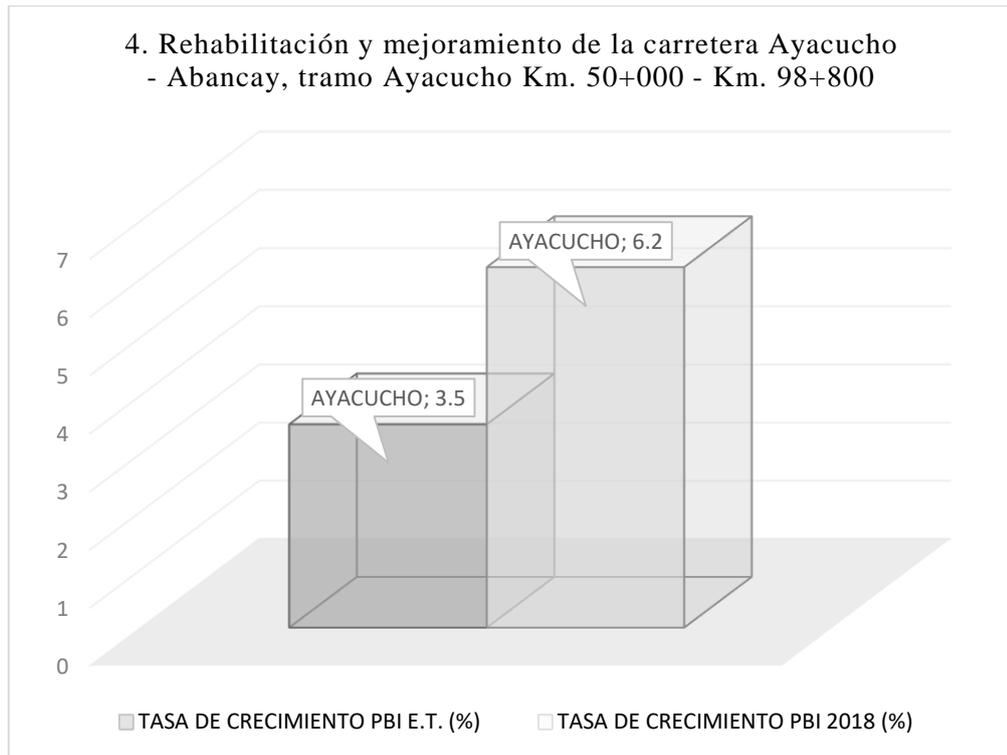


Figura N° 67: Producto Bruto Interno - Expediente N°4

Fuente: Elaboración propia

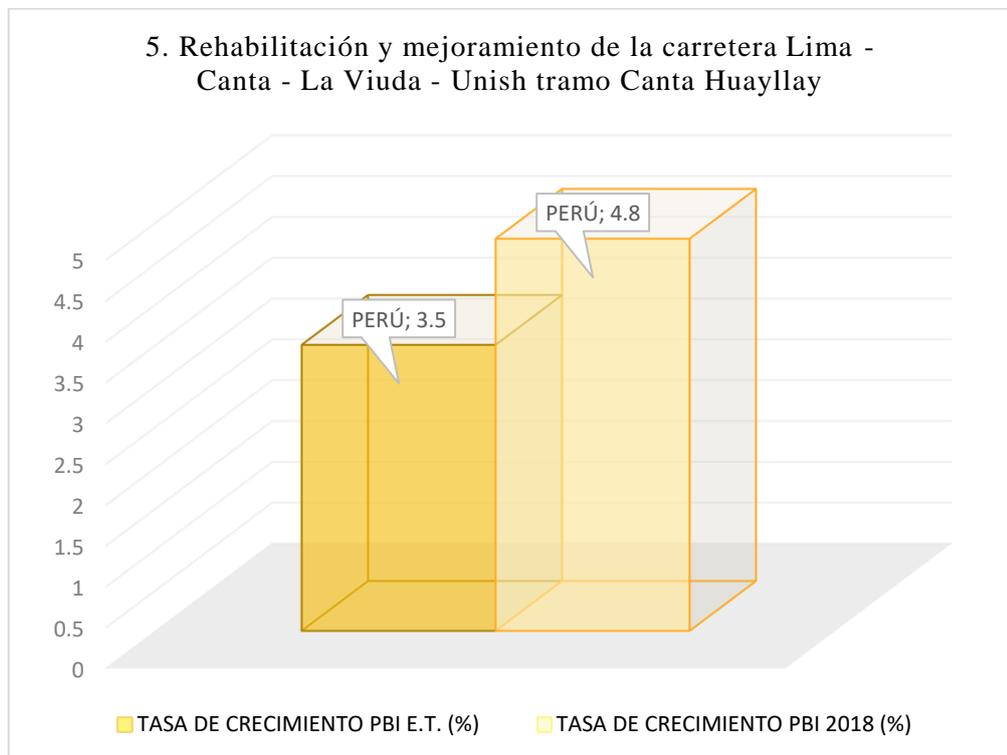


Figura N° 68: Producto Bruto Interno - Expediente N°5

Fuente: Elaboración propia

6. Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio

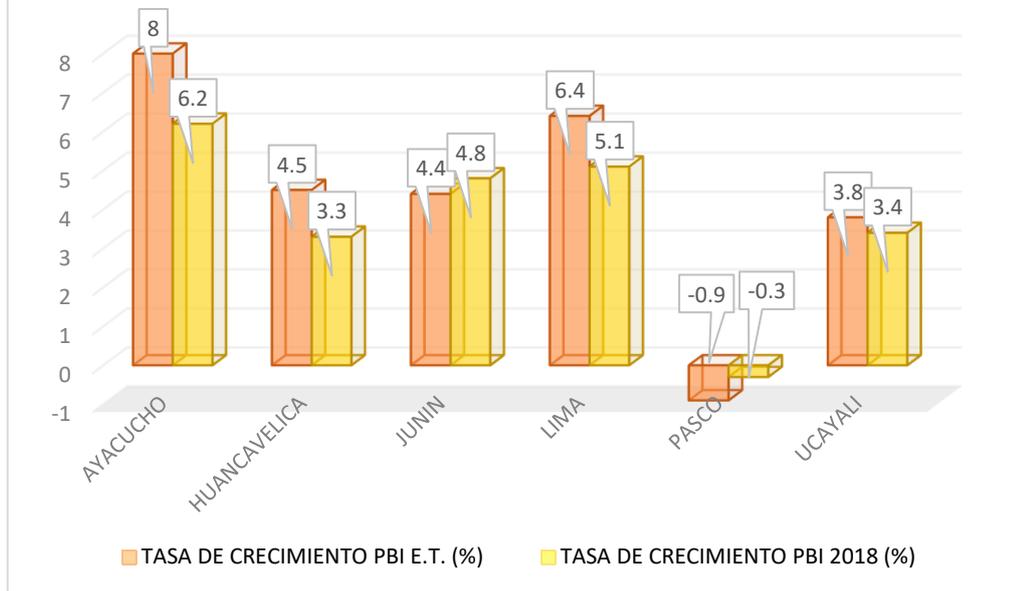


Figura N° 69: Producto Bruto Interno - Expediente N°6

Fuente: Elaboración propia

7. Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz

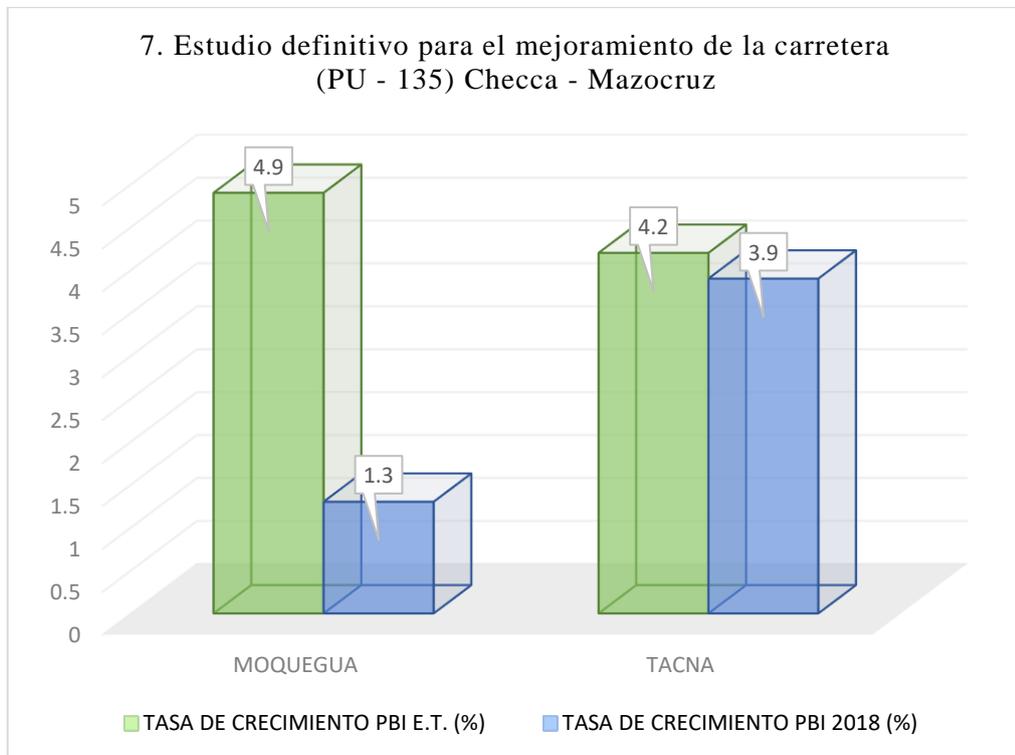


Figura N° 70: Producto Bruto Interno - Expediente N°7

Fuente: Elaboración propia

8. Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio

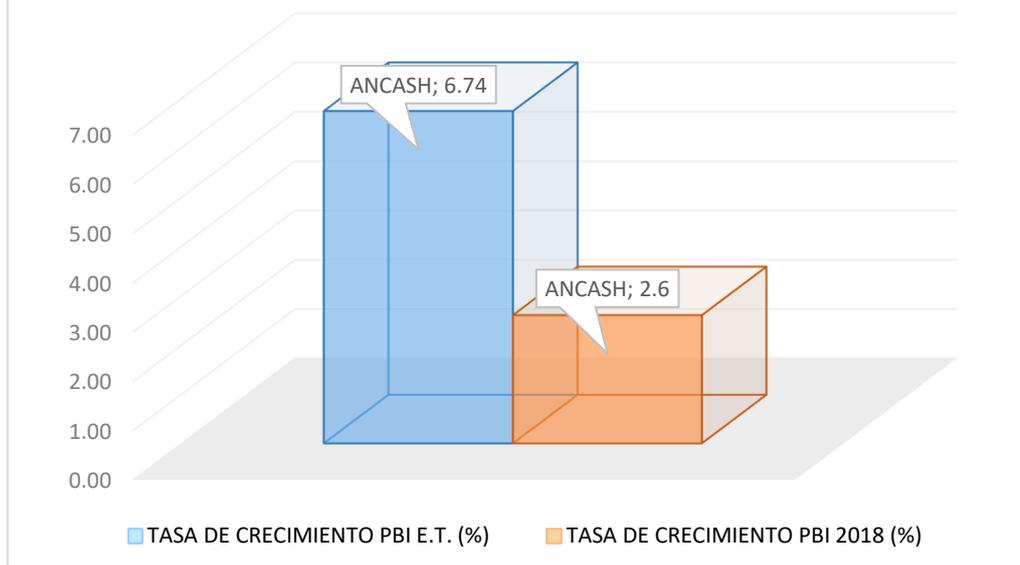


Figura N° 71: Producto Bruto Interno - Expediente N°8

Fuente: Elaboración propia

9. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca. Tramo: Chongoyape - Llama

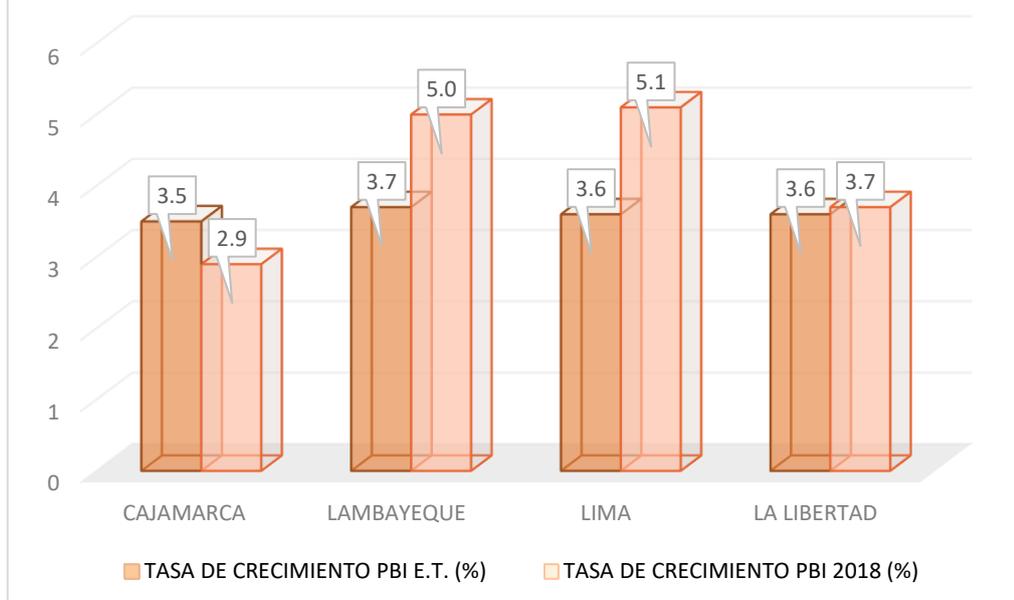


Figura N° 72: Producto Bruto Interno - Expediente N°9

Fuente: Elaboración propia

10. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10

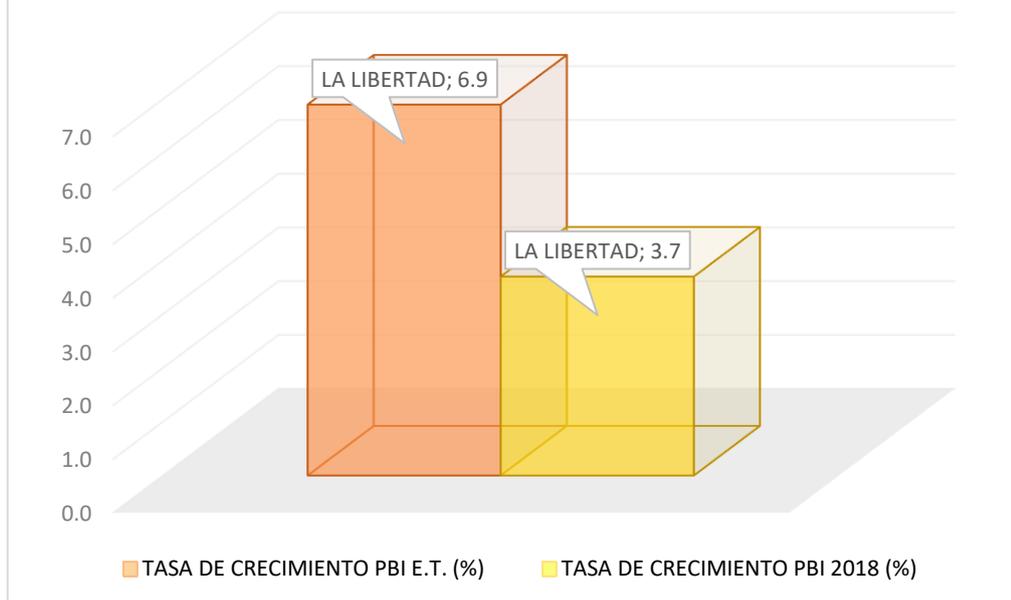


Figura N° 73: Producto Bruto Interno - Expediente N°10

Fuente: Elaboración propia

11. Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)

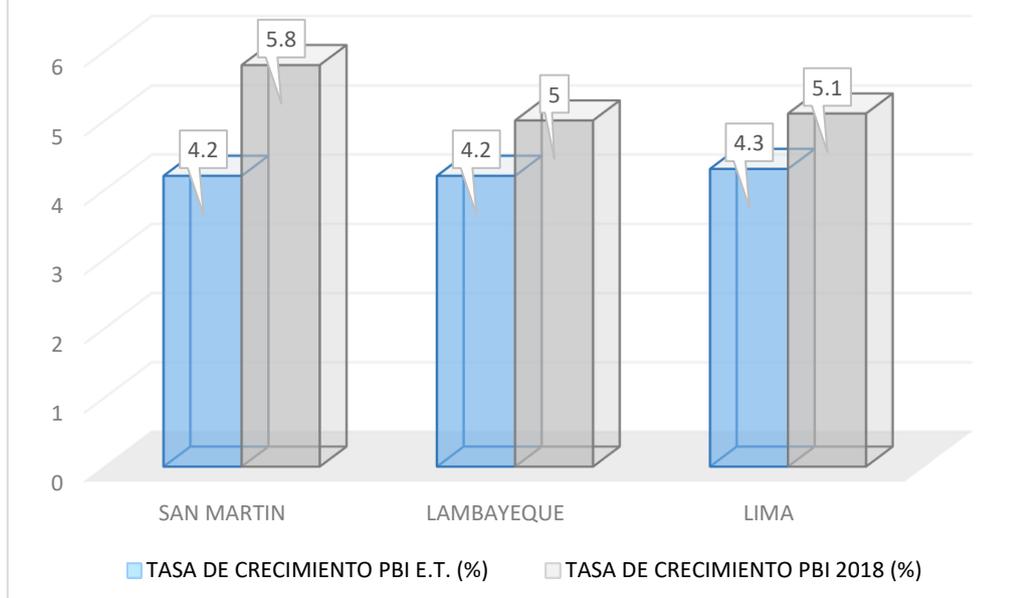


Figura N° 74: Producto Bruto Interno - Expediente N°11

Fuente: Elaboración propia

12. Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal  
Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP -  
150 - Apurímac

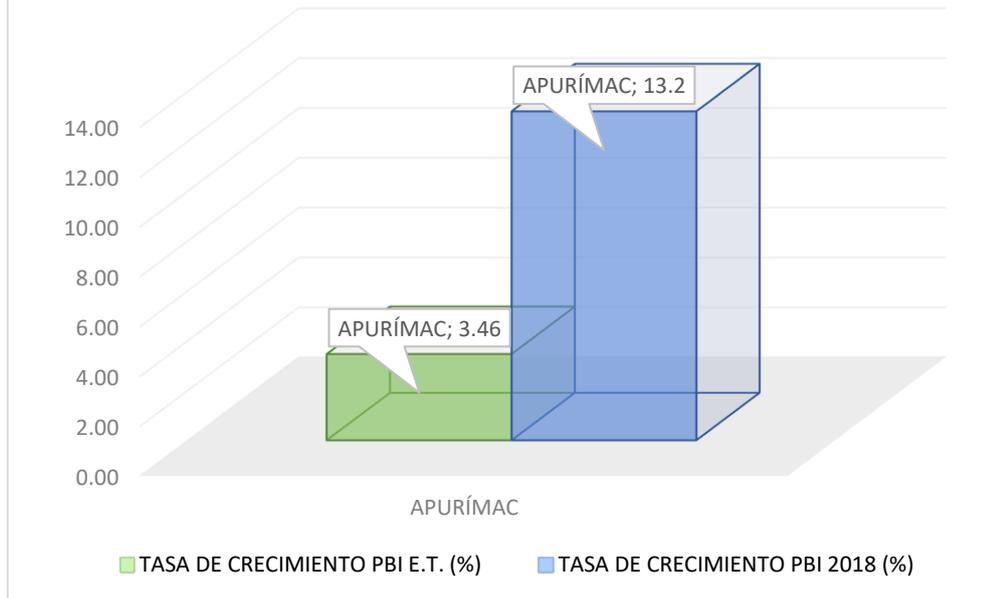


Figura N° 75: Producto Bruto Interno - Expediente N°12

Fuente: Elaboración propia

13. Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I:  
Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km.  
181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19

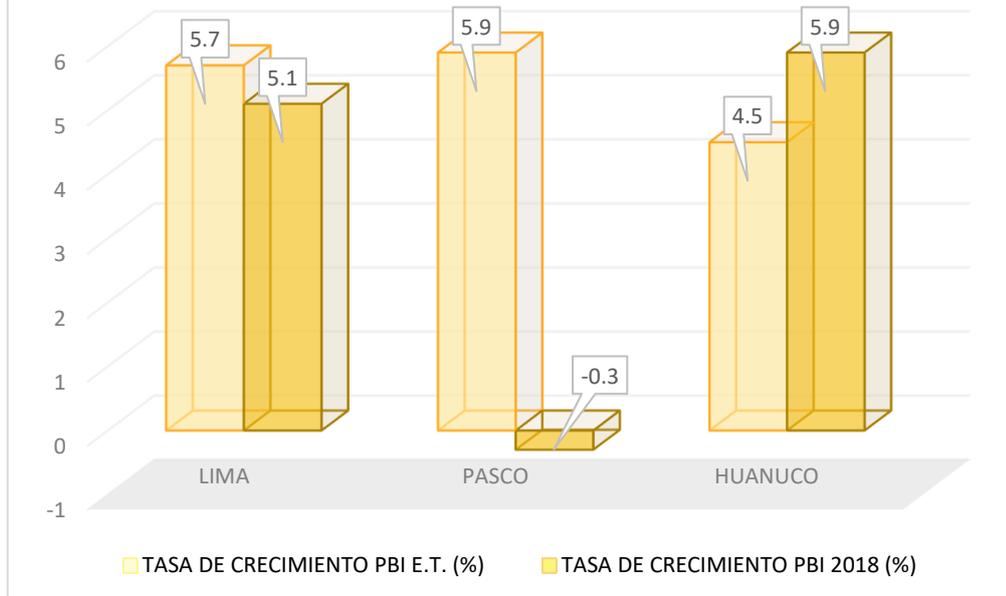


Figura N° 76: Producto Bruto Interno - Expediente N° 13

Fuente: Elaboración propia

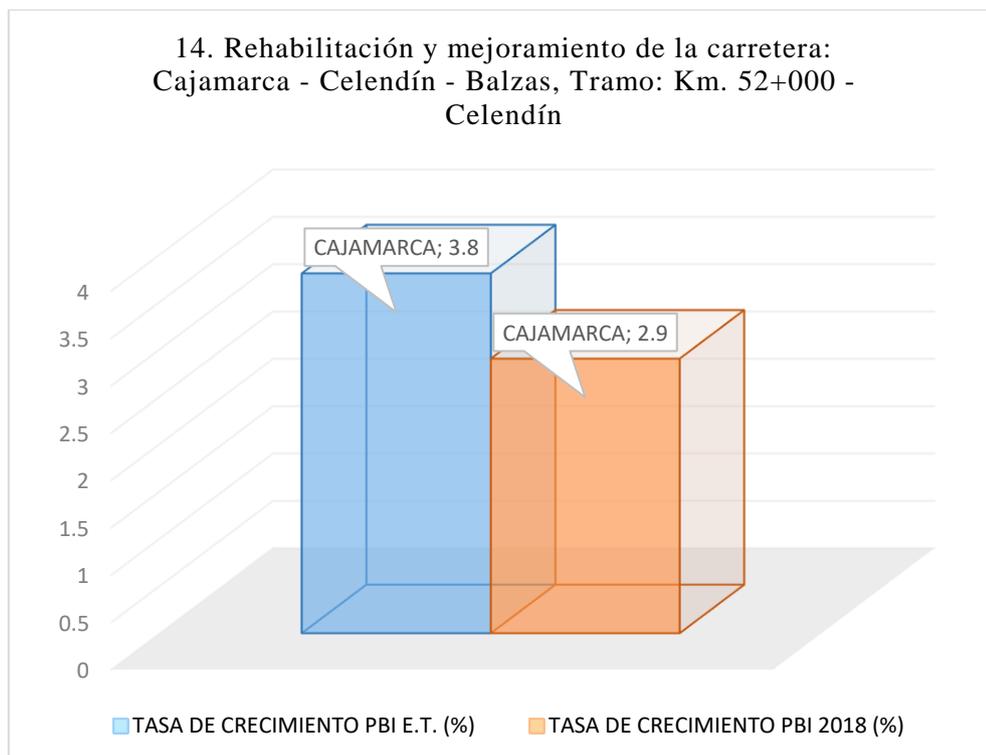


Figura N° 77: Producto Bruto Interno - Expediente N°14

Fuente: Elaboración propia

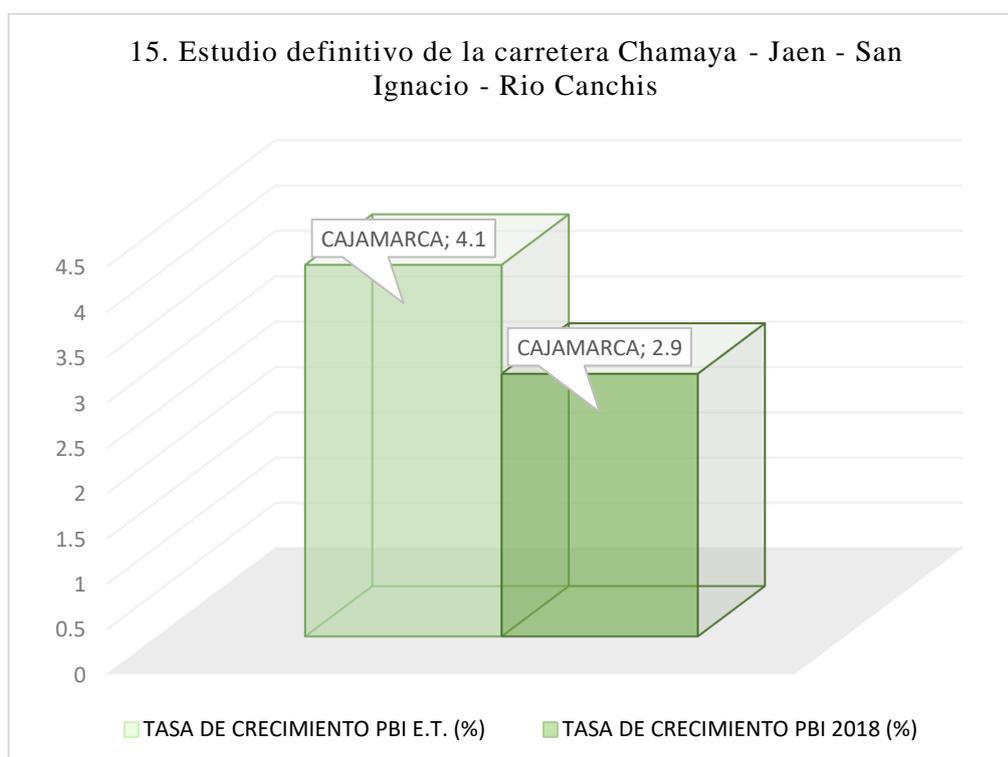


Figura N° 78: Producto Bruto Interno - Expediente N°15

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3. Factor camión

De acuerdo a los expedientes técnicos encontrados y en conjunto con los manuales internacionales, se ha podido realizar gráficos respecto al comportamiento de las magnitudes del Factor camión para cada vehículo, el cual nos dará una visión de cómo es la consideración nacional y su diferencia respecto a los rangos establecidos en los manuales internacionales. (ver Tabla N°43)

Tabla N° 43: Comparativo de valores de Factor Camión

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
1	Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura	CAMIÓN 2E	3.477			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.526			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
2	Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huirónay	BUS B2	4.503			0.6806	0.840 - 3.290	1.000		0.73	1.85

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
	- Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacombamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.	CAMIÓN 2E	3.477			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.526			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		BUS B2	3.019			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
3	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca	CAMIÓN 2E	1.161			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	4.790			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		CAMIÓN 4E	1.500			0.1303	-	0.24 - 3.72	5.304	1.8	-
		BUS B2	2.343	5.470		0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
4	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay	BUS B3	3.724	2.986		0.6806	-	1		0.73	1.85
		CAMIÓN 2E	1.153	2.990		0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
		CAMIÓN 3E	9.274	10.54		0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
5	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay	BUS B2	4.651			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
		CAMIÓN 2E	2.802			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	3.615			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		SEMITRAYLER T2S3	5.252			2.3719	0.306 - 1.705	0.26 - 5.23	7.559	2.2	4.35
6	Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio	CAMIÓN 2E	0.321	2.193	0.906	0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.211	2.722	4.939	0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		CAMIÓN 4E	1.710	0.366	2.47	0.1303	-	0.24 - 3.72	5.304	1.8	-
		SEMITRAYLER T3S3	2.219	3.306	2.202	2.3719	0.306 - 1.705	0.26 - 5.23	6.456	3.5	4.35

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
7	Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz	BUS B2	4.376			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
		BUS B3	4.776			0.6806	-	1		0.73	1.85
		BUS B4	1.656			0.6806	-	1		0.73	-
		CAMIÓN 2E	1.170			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	11.234			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		CAMIÓN 4E	4.951			0.1303	-	0.24 - 3.72	5.304	1.8	-
8	Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B	BUS B2	1.160			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
		BUS B3	2.631			0.6806	-	1		0.73	1.85
		CAMIÓN 2E	2.308			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.191			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
	(Huari)por niveles de servicio	CAMIÓN 4E	2.774			0.1303	-	0.24 - 3.72	5.304	1.8	-
		SEMITRAYLER T3S3	6.523			2.3719	0.306 - 1.705	0.26 - 5.23	6.456	3.5	4.35
		BUS B2	4.888	3.620		0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
9	Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca, Tramo: Chongoyape - Llama	CAMIÓN 2E	6.793	3.406		0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	10.982	8.301		0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		BUS B2	3.824			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
10	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10	CAMION 2E	0.778			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	4.897			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		BUS B2	3.824			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
11	Mejoramiento de la carretera Rodriguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)	CAMIÓN 2E	0.954	0.961		0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.013	18.54		0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		SEMITRAYLER T2S3	0.000	5.030		2.3719	0.306 - 1.705	0.26 - 5.23	7.559	2.2	4.35
12	Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac	CAMIÓN 2E	4.504			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
13		BUS B2	1.930			0.6806	0.840 - 3.290	1	-	0.73	1.85

N°	Proyecto	Vehículo con mayor demanda	Factor Camión según E.T			F.C. de Aashto	F.C. de Austroads	F.C. Manual de Colombia	F.C. Manual de Brasil	F.C. Manual de South Africa	F.C. Manual de Cpbvt
			E1	E2	E3						
	Mejoramiento de la carretera Oyón - Ambo	CAMIÓN 2E	0.954			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	2.429			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
		CAMIÓN 4E	1.558			0.1303	-	0.24 - 3.72	5.304	1.8	-
		SEMITRAYLER T2S3	2.915			2.3719	0.306 - 1.705	0.26 - 5.23	7.559	2.2	4.35
14	Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín (2009)	BUS B2	0.248			0.6806	0.840 - 3.290	1		0.73	1.85
		CAMIÓN 2E	4.568			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	3.285			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2
15	Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera Yauri - Negromayo - Oscollo - Imata	CAMIÓN 2E	4.568			0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75
		CAMIÓN 3E	3.284			0.1303	0.180 - 2.400	0.24 - 3.72	3.896	1.7	2

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°43 se aprecia los valores de Factor Camión de los expedientes técnicos en comparación con los manuales Internacionales.

A continuación, se mostrarán figuras interpretando los resultados de Factor Camión según cada vehículo y por cada manual, viendo la tendencia que tienen y en que magnitud consideramos en los expedientes para los diseños. (ver figura N°79)

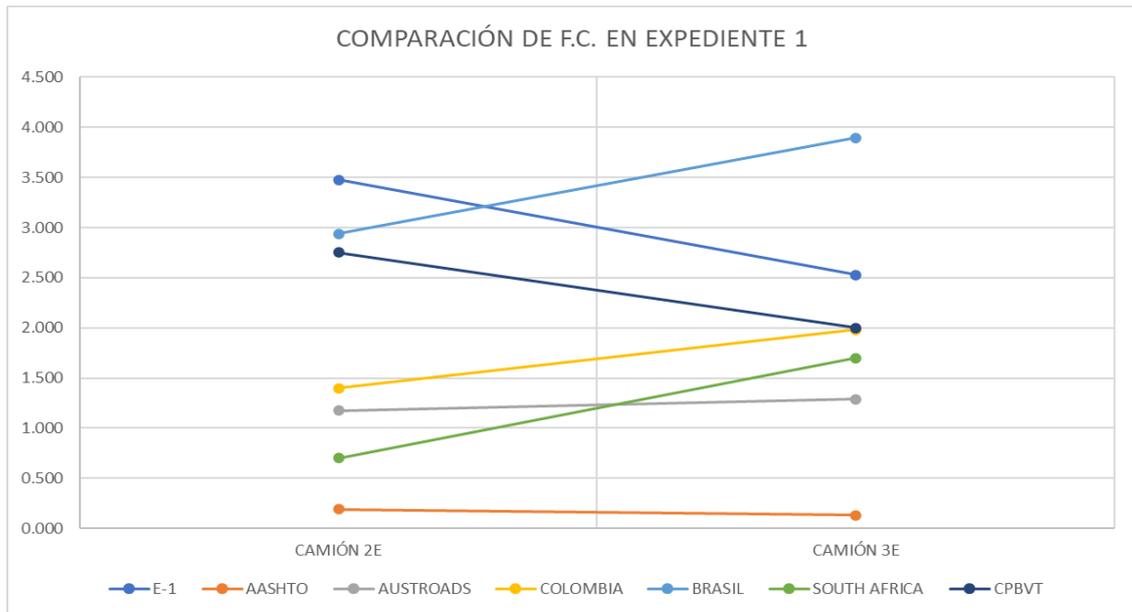


Figura N° 79: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 1

Fuente: Elaboración Propia

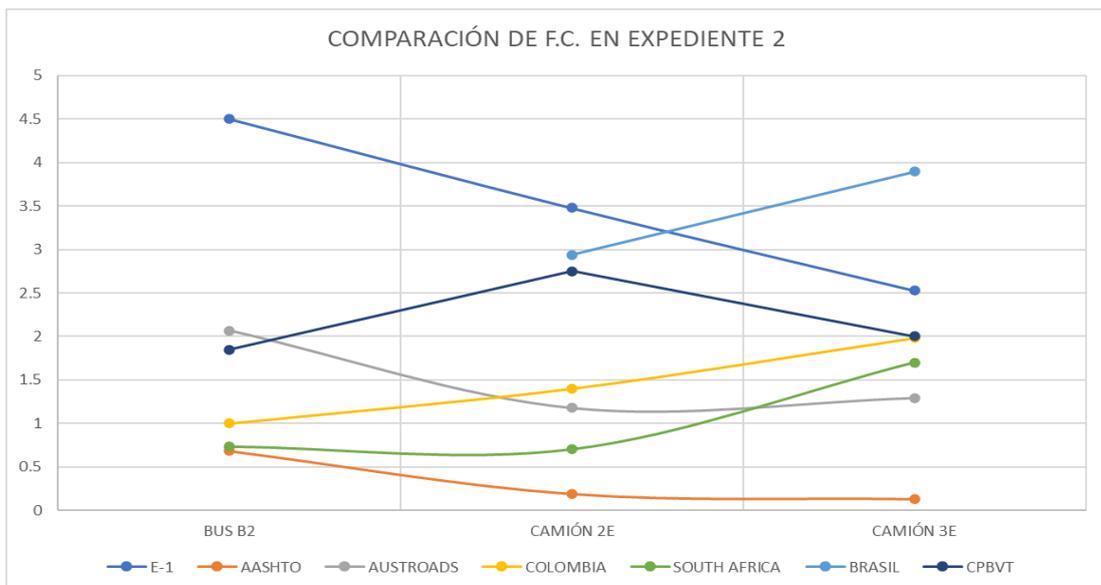


Figura N° 80: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 2

Fuente: Elaboración Propia

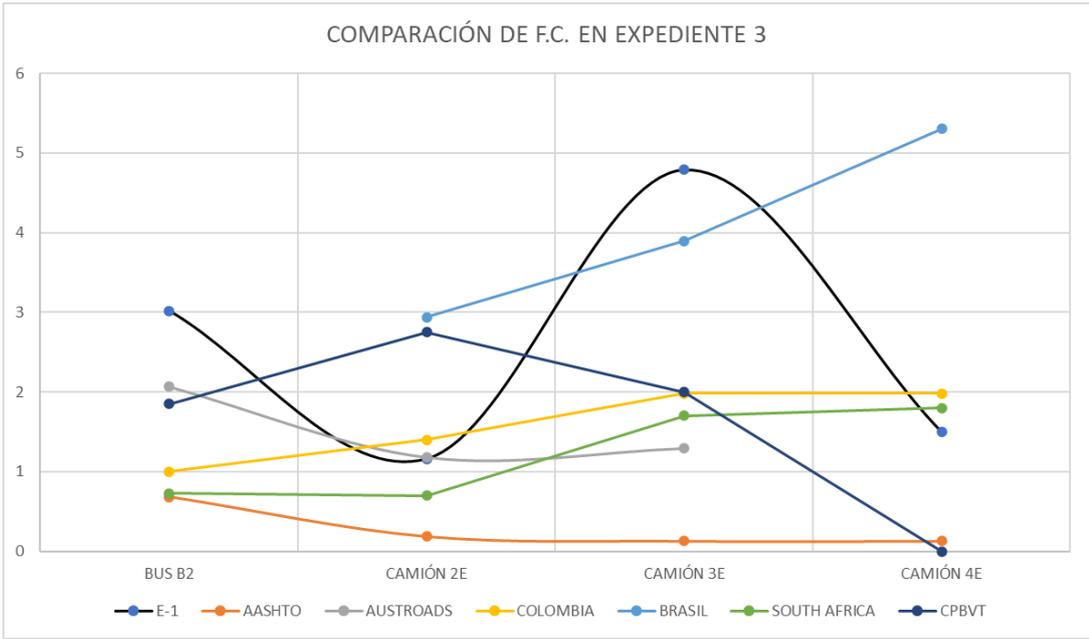


Figura N° 81: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 3  
Fuente: Elaboración Propia

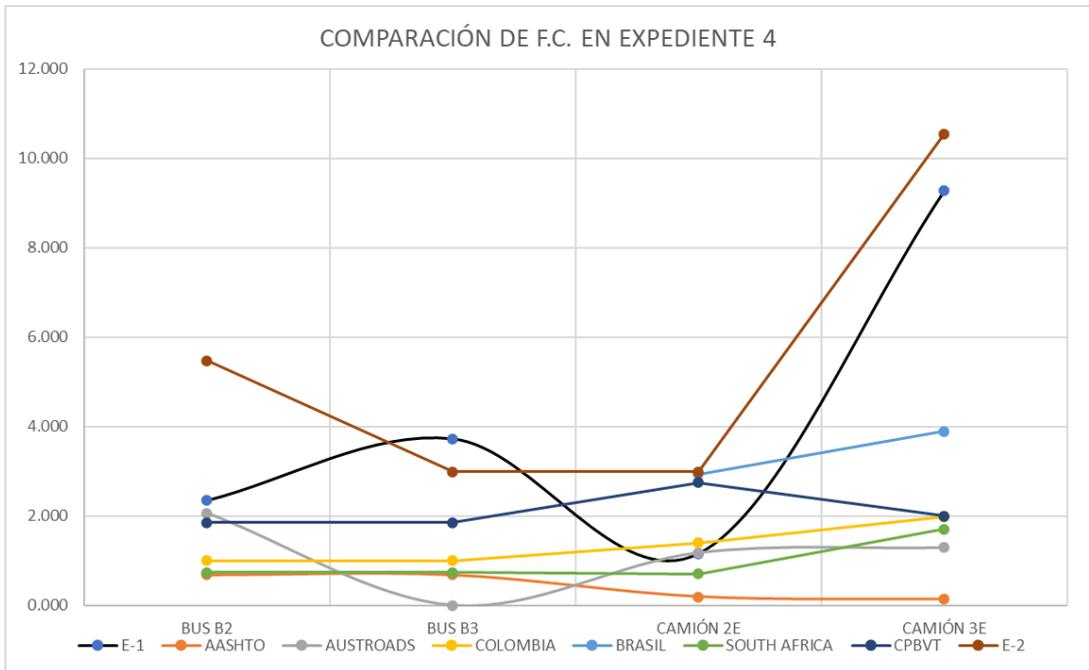


Figura N° 82: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 4  
Fuente: Elaboración Propia

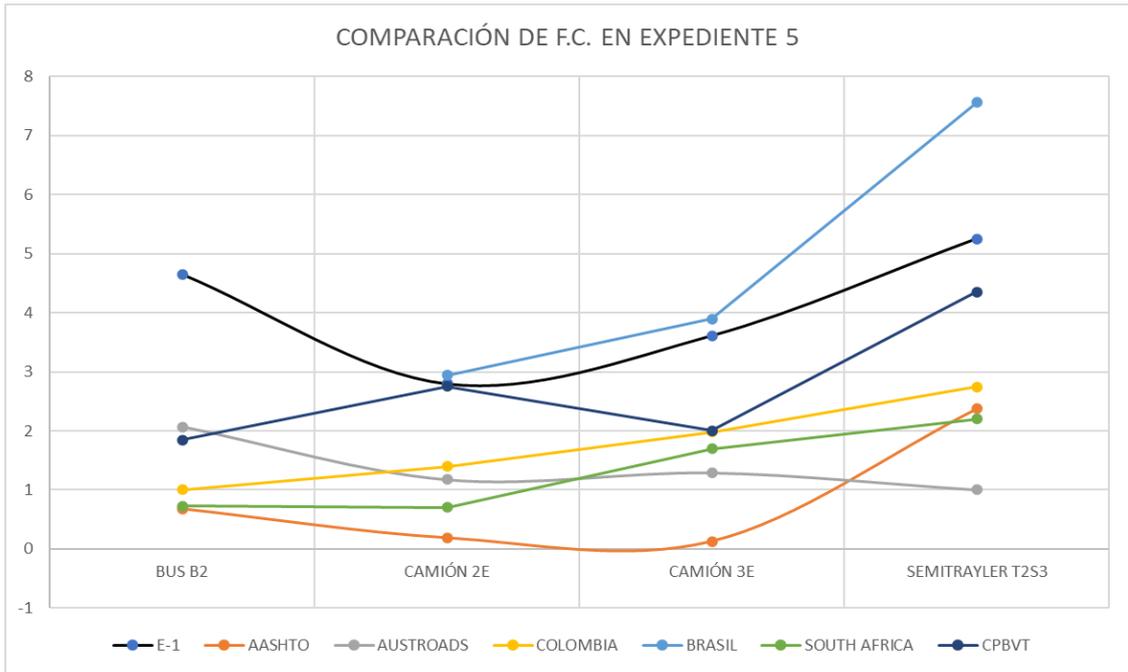


Figura N° 83: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 5

Fuente: Elaboración Propia

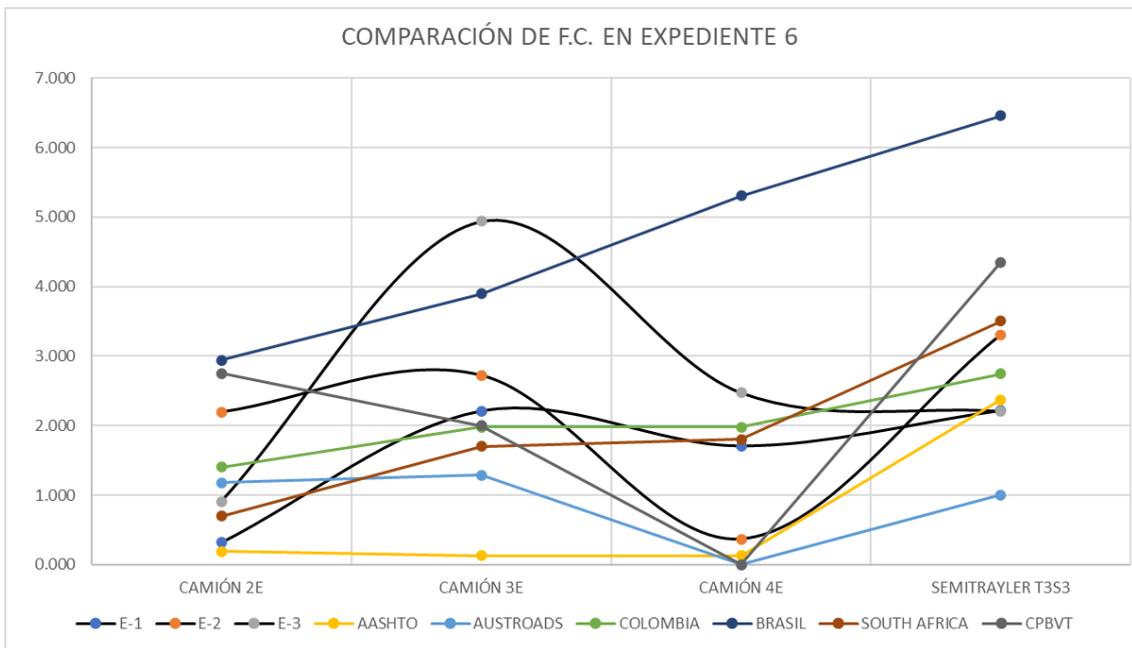


Figura N° 84: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 6

Fuente: Elaboración Propia

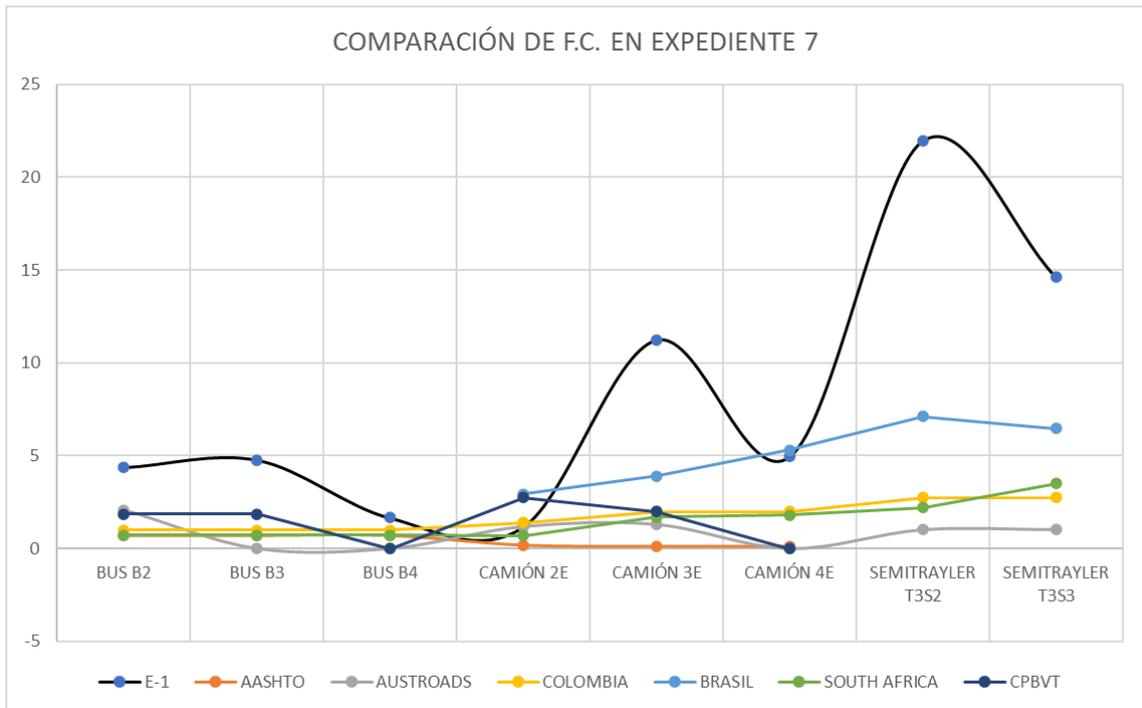


Figura N° 85: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 7

Fuente: Elaboración Propia

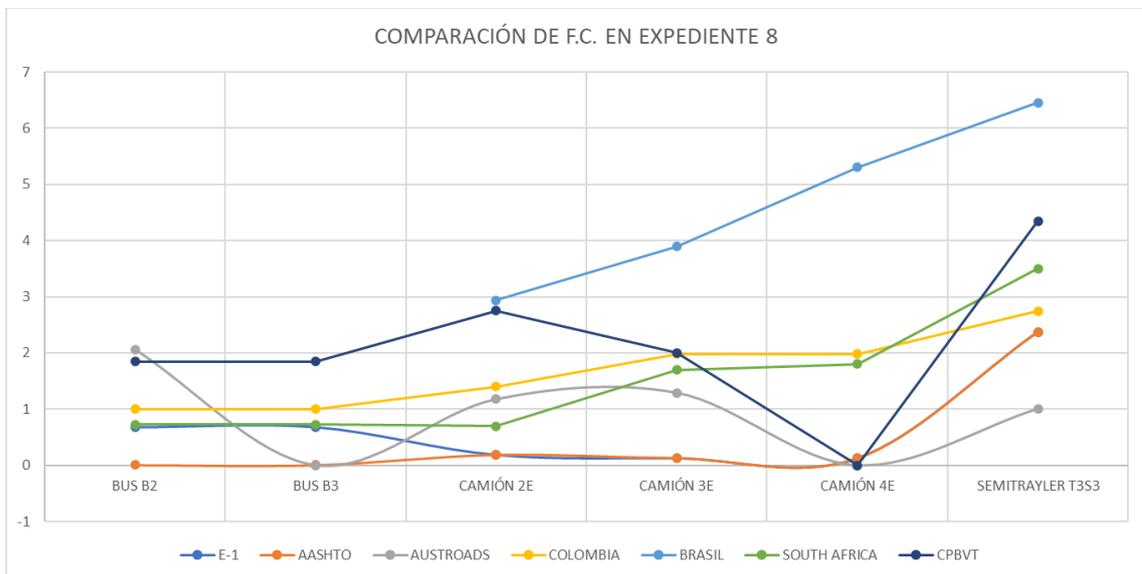


Figura N° 86: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 8

Fuente: Elaboración Propia

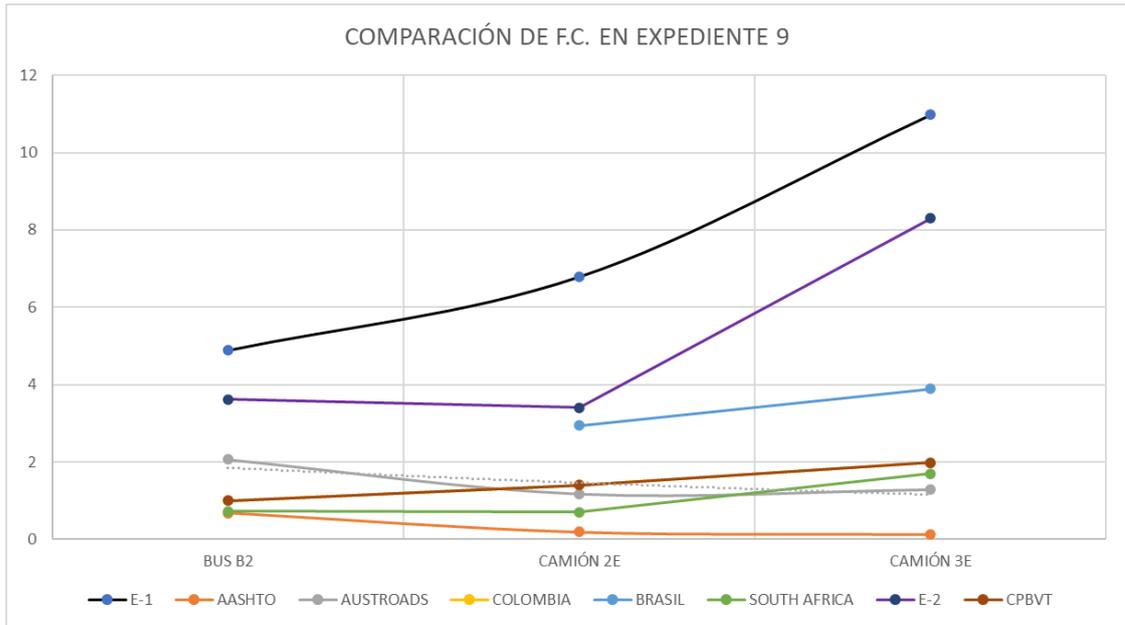


Figura N° 87: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 9

Fuente: Elaboración Propia

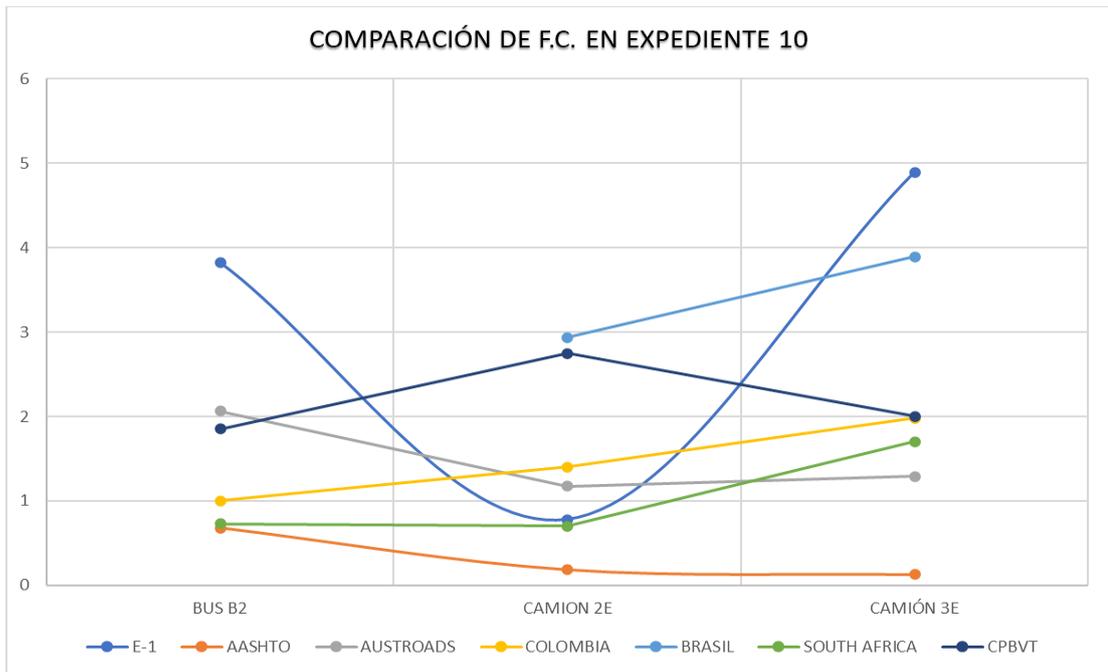


Figura N° 88: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 10

Fuente: Elaboración Propia

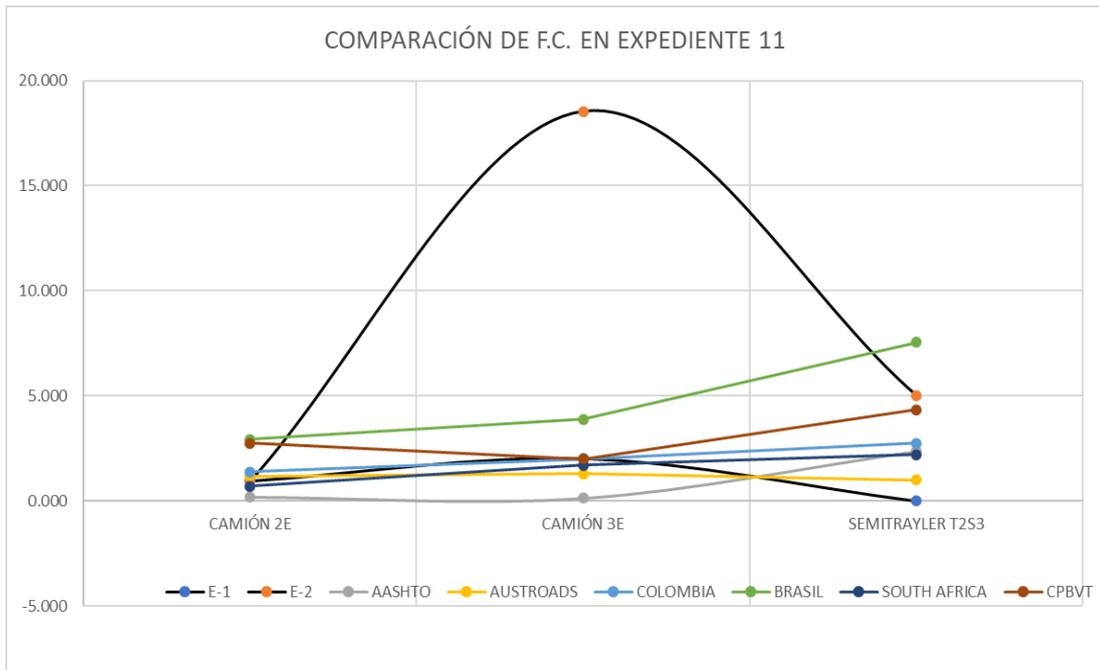


Figura N° 89: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 11

Fuente: Elaboración Propia

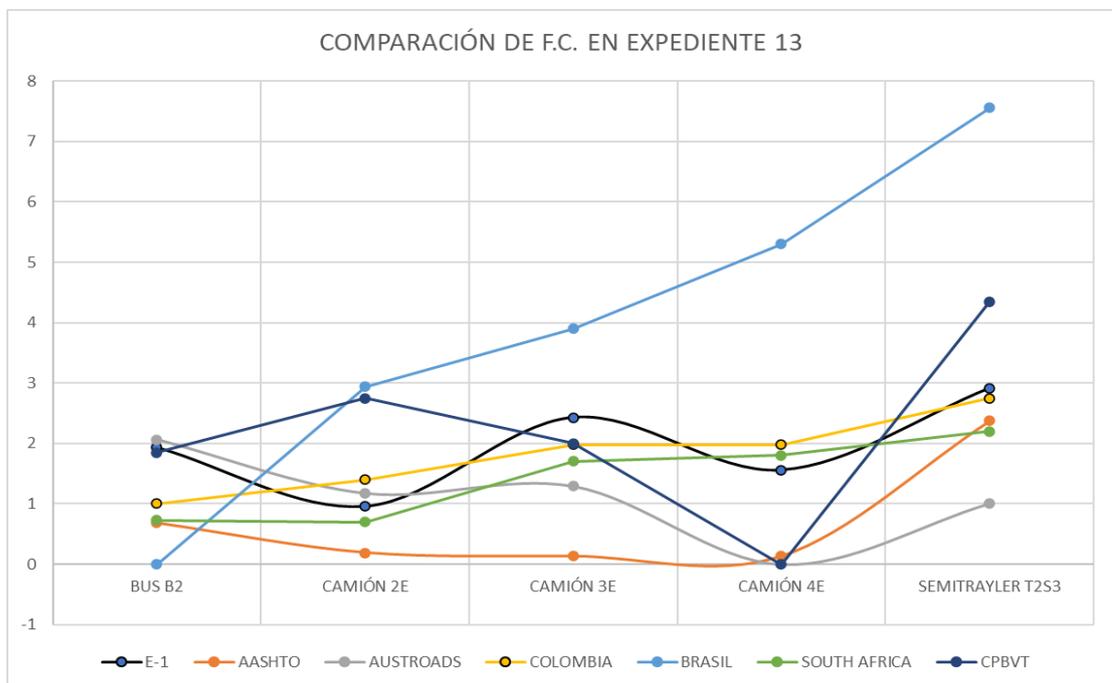


Figura N° 90: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 13

Fuente: Elaboración Propia

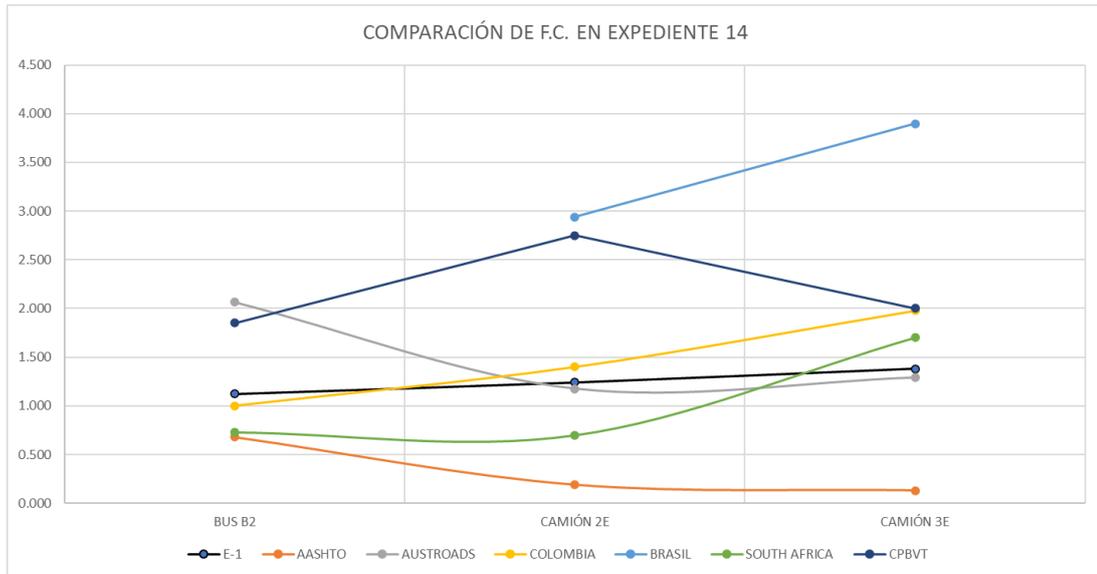


Figura N° 91: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 14

Fuente: Elaboración Propia

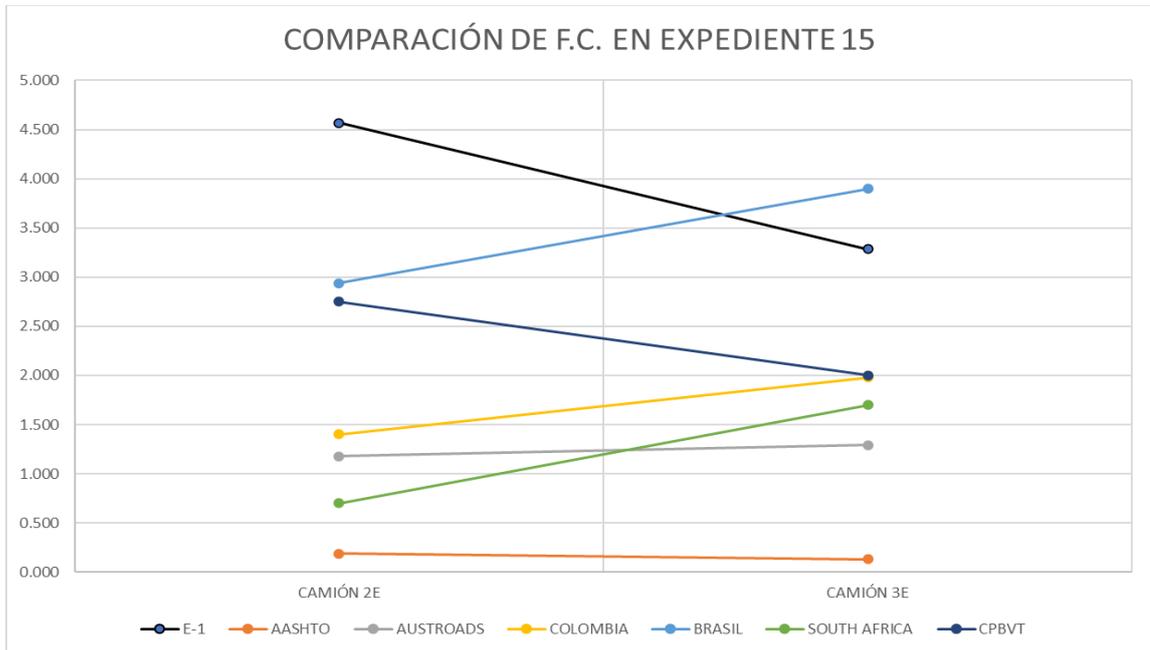


Figura N° 92: Comparación de Factor Camión en Expediente N° 15

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras mostradas anteriormente se muestra la comparación de los valores de Factor Camión entre los manuales internacionales y los expedientes técnicos según cada tipo de vehículo

De acuerdo a los resultados anteriores del IMD por vehículo, se obtuvo que el Camión 2E era que tenía mayor frecuencia respecto a los vehículos pesados en caminos de bajo volumen de tránsito, de acuerdo a ello se realizó una tabla en la que se tomó un promedio respecto a los valores de factor camión de los expedientes técnicos y se comparó con los valores de los manuales internacionales obteniéndose lo siguiente: (ver Tabla N°44)

Tabla N° 44: Comparación de FC respecto al vehículo pesado

Vehículo	Factor Camión						
	Exp. Tec.	Manual De Aashto	Manual De Austroads	Manual De Colombia	Manual De Brasil	Manual De South Africa	Manual De Cpbvt
CAMIÓN 2E	2.261	0.1890	0.184 - 2.168	0.08 - 2.72	2.938	0.7	2.75

Fuente: Elaboración Propia

De esta tabla podemos generar una figura para una mejor visualización respecto a las diferencias sobre nuestro vehículo pesado con mayor demanda. Se consideró un valor promedio respecto al rango de valores del Manual de Austroads y el Manual de Colombia por facilidad del gráfico. (ver Figura N°93)

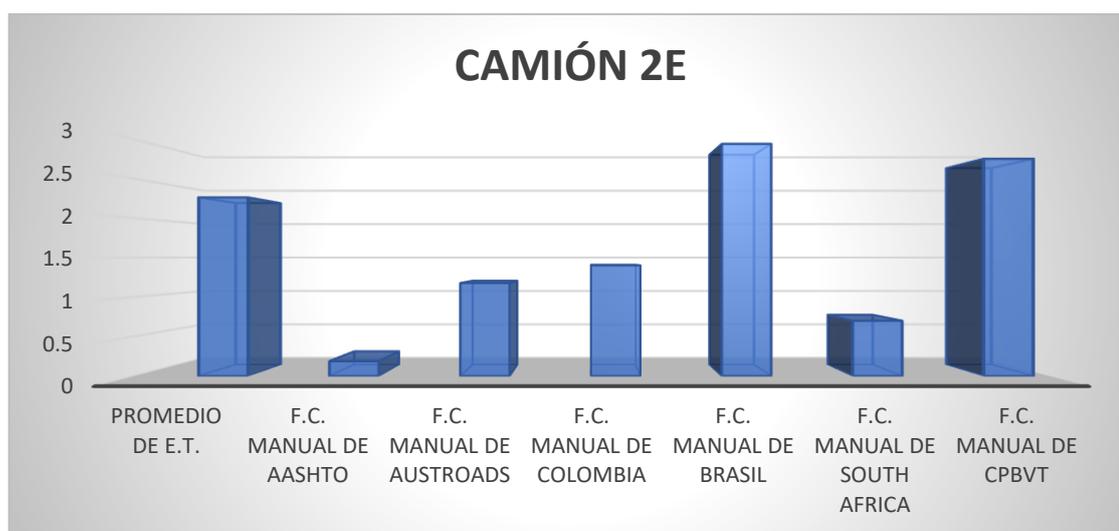


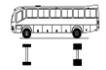
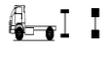
Figura N° 93: Factor camión para el camión 2E

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el gráfico se puede observar que el valor promedio de los expedientes técnicos se acerca más al valor de Factor camión del Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito.

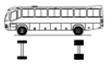
A continuación, se muestra un cuadro de cálculo del EAL tomando de ejemplo al expediente N°9 “Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca, Tramo: Chongoyape – Llama” de diseño con una proyección de 10 años, con tasa de crecimiento de 3.6%, de acuerdo al factor camión de cada manual en mención, para fines del estudio se considerará al factor carril 1.00 y factor dirección de 0.50.

Tabla N° 45: Cálculo de EAL según Expediente Técnico

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Factor Camión E.T.	r	IMD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bus B2		3.620	0.036	27	1.78E+04	3.63E+04	5.55E+04	7.53E+04	9.58E+04	1.17E+05	1.39E+05	1.62E+05	1.86E+05	2.10E+05
Camión 2E		3.406	0.036	56	3.48E+04	7.09E+04	1.08E+05	1.47E+05	1.87E+05	2.29E+05	2.72E+05	3.16E+05	3.62E+05	4.10E+05
Camión 3E		8.301	0.036	12	1.82E+04	3.70E+04	5.65E+04	7.67E+04	9.77E+04	1.19E+05	1.42E+05	1.65E+05	1.89E+05	2.14E+05
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					7.08E+04	1.44E+05	2.20E+05	2.99E+05	3.81E+05	4.65E+05	5.53E+05	6.43E+05	7.37E+05	8.35E+05

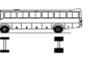
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 46: Cálculo de EAL según Manual de Aashto

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Factor Camión AASHTO	r	IM D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bus B2		0.6806	0.036	27	3.35E+03	6.83E+03	1.04E+04	1.42E+04	1.80E+04	2.20E+04	2.62E+04	3.05E+04	3.49E+04	3.95E+04
Camión 2E		0.1890	0.036	56	1.93E+03	3.93E+03	6.01E+03	8.15E+03	1.04E+04	1.27E+04	1.51E+04	1.75E+04	2.01E+04	2.28E+04
Camión 3E		0.1303	0.036	12	2.85E+02	5.81E+02	8.87E+02	1.20E+03	1.53E+03	1.87E+03	2.23E+03	2.59E+03	2.97E+03	3.36E+03
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					5.57E+03	1.13E+04	1.73E+04	2.35E+04	2.99E+04	3.66E+04	4.35E+04	5.06E+04	5.80E+04	6.57E+04

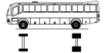
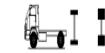
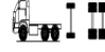
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 47: Cálculo de EAL según Manual de Austroads

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Factor Camión Austroads	r	IM D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bus B2		2.065	0.036	27	1.02E+04	2.07E+04	3.16E+04	4.30E+04	5.47E+04	6.68E+04	7.94E+04	9.24E+04	1.06E+05	1.20E+05
Camión 2E		1.176	0.036	56	1.20E+04	2.45E+04	3.74E+04	5.07E+04	6.46E+04	7.89E+04	9.38E+04	1.09E+05	1.25E+05	1.42E+05
Camión 3E		1.29	0.036	12	2.83E+03	5.75E+03	8.78E+03	1.19E+04	1.52E+04	1.86E+04	2.20E+04	2.57E+04	2.94E+04	3.33E+04
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					2.50E+04	5.09E+04	7.78E+04	1.06E+05	1.34E+05	1.64E+05	1.95E+05	2.27E+05	2.60E+05	2.95E+05

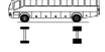
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 48: Cálculo de EAL según Manual de Colombia

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Factor Camión M. Colombia	r	IMD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bus B2		1.000	0.036	27	4.93E +03	1.00E +04	1.53E +04	2.08E +04	2.65E +04	3.24E +04	3.84E +04	4.48E +04	5.13E +04	5.81E +04
Camión 2E		1.400	0.036	56	1.43E +04	2.91E +04	4.45E +04	6.04E +04	7.69E +04	9.40E +04	1.12E +05	1.30E +05	1.49E +05	1.69E +05
Camión 3E		1.980	0.036	12	4.34E +03	8.83E +03	1.35E +04	1.83E +04	2.33E +04	2.85E +04	3.38E +04	3.94E +04	4.51E +04	5.11E +04
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					2.36E +04	4.80E +04	7.33E +04	9.95E +04	1.27E +05	1.55E +05	1.84E +05	2.14E +05	2.45E +05	2.78E +05

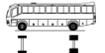
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 49: Cálculo de EAL según Manual de South Africa

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Factor Camión M. South Africa	r	IMD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bus B2		0.73	0.036	27	3.60E +03	7.32E +03	1.12E +04	1.52E +04	1.93E +04	2.36E +04	2.81E +04	3.27E +04	3.74E +04	4.24E +04
Camión 2E		0.7	0.036	56	7.15E +03	1.46E +04	2.22E +04	3.02E +04	3.84E +04	4.70E +04	5.58E +04	6.50E +04	7.45E +04	8.43E +04
Camión 3E		1.7	0.036	12	3.72E +03	7.58E +03	1.16E +04	1.57E +04	2.00E +04	2.44E +04	2.91E +04	3.38E +04	3.88E +04	4.39E +04
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					1.45E +04	2.95E +04	4.50E +04	6.11E +04	7.78E +04	9.50E +04	1.13E +05	1.31E +05	1.51E +05	1.71E +05

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 50: Cálculo de EAL según Manual Pavimentado de Bajo volumen de Tránsito

Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo	Factor Camión M. CPBVT	r	IM D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bus B2		1.85	0.036	27	9.12E+03	1.86E+04	2.83E+04	3.85E+04	4.90E+04	5.99E+04	7.11E+04	8.28E+04	9.49E+04	1.07E+05
Camión 2E		2.75	0.036	56	2.81E+04	5.72E+04	8.74E+04	1.19E+05	1.51E+05	1.85E+05	2.19E+05	2.55E+05	2.93E+05	3.31E+05
Camión 3E		2	0.036	12	4.38E+03	8.92E+03	1.36E+04	1.85E+04	2.35E+04	2.88E+04	3.42E+04	3.98E+04	4.56E+04	5.16E+04
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES					4.16E+04	8.47E+04	1.29E+05	1.76E+05	2.24E+05	2.73E+05	3.25E+05	3.78E+05	4.33E+05	4.90E+05

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos de los valores de EAL, se obtuvo un cuadro resumen de los valores proyectados 10 años. (ver tabla N°51)

Tabla N° 51: Cuadro resumen de EAL según cada Manual

MANUAL	EAL
E.T.	8.35E+05
AASHTO	6.57E+04
AUSTROADS	2.95E+05
COLOMBIA	2.78E+05
SOUTH AFRICA	1.71E+05
CPBVT	4.90E+05

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se obtuvo la siguiente figura del resumen de los EAL calculados de acuerdo a los manuales, en la que se puede notar que el calculado por los expedientes técnicos es más alto comparado con los demás manuales. (ver figura N°94)

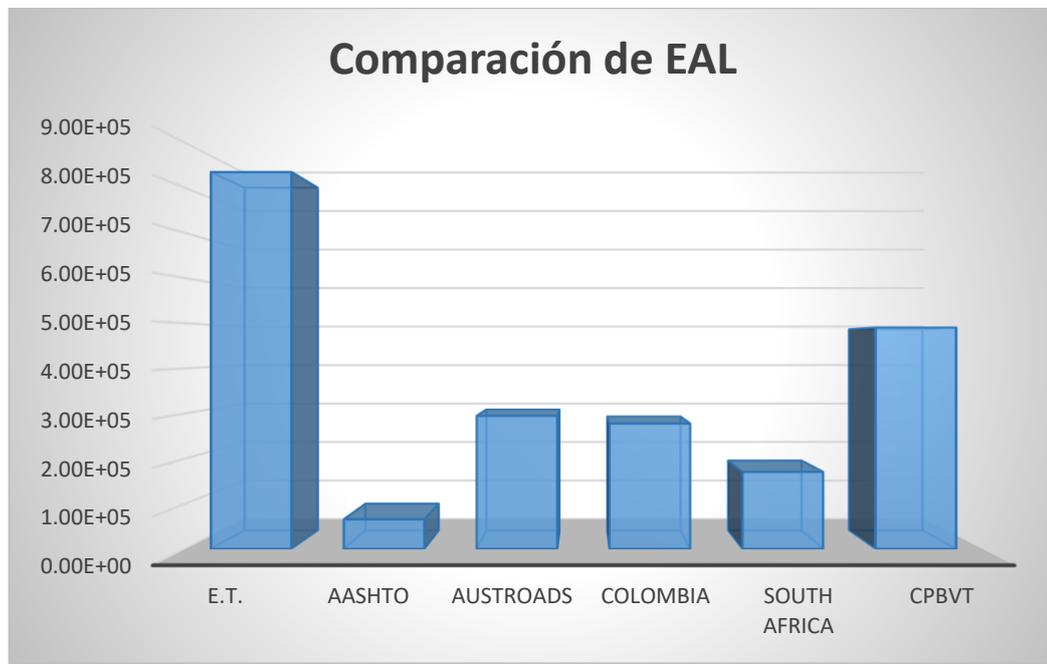


Figura N° 94: Comparación de EAL  
Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo se procede a realizar los cálculos correspondientes para poder determinar los espesores de las capas del pavimento, basándonos en el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

De este modo es que de acuerdo al EAL hallado en la Tabla N°51 por cada manual e incluido el expediente técnico y asumiendo un valor de CBR de 8.8% para todas las pruebas que se verán a continuación, considerándose una subrasante regular de acuerdo al Manual de Suelos y Pavimentos, se puede ver en el Anexo N°26, se obtuvo lo siguiente:

- **Según Expediente Técnico:**

Para todas las pruebas de cálculo se tuvo en cuenta lo siguiente:

Para el caso del expediente técnico se tiene un EAL de  $8.35 \times 10^5$ , el cual se le considera un tráfico tipo 4 que se puede visualizar en el Anexo N°25, se determina el módulo de resiliencia con la fórmula que se visualiza en el Anexo N°28, luego se procede a determinar el Nivel de confiabilidad según el tipo de

tráfico que ya se determinó y se puede visualizar en el Anexo N°29; después se determina el coeficiente estadístico de desviación standard Normal, la que adjuntamos en el Anexo N°30, finalmente se halla el valor de los Índices de serviciabilidad inicial y final que se visualiza en los Anexos N°32 y N°33 respectivamente.

Tabla N° 52: Datos para cálculo de Número Estructural según expediente técnico

<b>DATOS</b>	<b>ABREV.</b>	<b>MAGNITUD</b>
Cargas de tráfico vehicular	EAL	835,000.00
Suelo de Subrasante	CBR	8.80
Módulo de Resiliencia de Sub Rasante	MR	10,276.85
Tipo de Tráfico	TIPO	4
Número de Etapas	Etapas	1
Nivel de Confiabilidad	Coef.	80%
Coeficiente Estadístico de desviación standard Normal	ZR	-0.842
Desviación Estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.8

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos y la fórmula encontrado del manual de suelos y pavimentos en la que se despeja el Número Estructural que adjuntamos en el Anexo N°27 resultando este 2.750, que es lo que se requiere.

Luego de ello se muestra los coeficientes estructurales que se encuentran en el Manual de Suelos y pavimentos y se adjunta en el Anexo N°35.

Tabla N° 53: Coeficiente estructurales según el expediente técnico

<b>CAPA SUPERFICIAL</b>	<b>BASE</b>	<b>SUB-BASE</b>
a1	a2	a3
0.13	0.052	0.047

Fuente: Elaboración Propia.

De esta forma se debe tener que el Número estructural calculado debe ser mayor que el Número Estructural Requerido, obteniendo los siguientes espesores, teniendo en cuenta que para el subíndice 1 es para la carpeta asfáltica, el subíndice 2 es para la base y el 3 para la subbase. Los valores de coeficiente de drenaje para este caso aplicativo se consideraron igual a 1.

Tabla N° 54: Espesores por cada capa

<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
2.5	25	25

Fuente: Elaboración Propia.

Con estos espesores de diseño se obtiene un número estructural de 2.800, el cual supera al SN requerido.

- **Según Aashto:**

De la misma manera buscamos los datos para el Manual de Aashto, de acuerdo a su número de Ejes Equivalentes la cual se muestra en la tabla N°55.

Tabla N° 55: Datos para cálculo de Número Estructural según Manual de Aashto.

<b>DATOS</b>	<b>ABREV.</b>	<b>MAGNITUD</b>
Cargas de tráfico vehicular	EAL	65,700
Suelo de Subrasante	CBR	8.80
Módulo de Resiliencia de Sub Rasante	MR	10,276.85
Tipo de Tráfico	TIPO	1
Número de Etapas	Etapas	1
Nivel de Confiabilidad	Coef.	65%
Coeficiente Estadístico de desviación standard Normal	ZR	-0.385
Desviación Estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.8

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos y la fórmula encontrado del manual de suelos y pavimentos en la que se despeja el Número Estructural que adjuntamos en el Anexo N°27 resultando este 1.661, que es lo que se requiere.

Luego de ello se muestra los coeficientes estructurales que se encuentran en el Manual de Suelos y pavimentos y se adjunta en el Anexo N°35.

Tabla N° 56: Coeficientes estructurales para el Manual de Aashto

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUB-BASE
a1	a2	a3
0.15	0.052	0.047

Fuente: Elaboración Propia.

Se prosigue con encontrar los espesores correspondientes para poder hacer el cálculo del Número estructural que debe sobrepasar al Número Estructural Requerido.

Tabla N° 57: Espesores por cada capa

d1	d2	d3
1.2	15	20

Fuente: Elaboración Propia.

Con estos espesores de diseño se obtiene un Número Estructural de 1.900, el cual supera al Requerido.

- **Según Austroads:**

Se utilizó el mismo procedimiento para este caso, en la que se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla N° 58: Datos para cálculo de Número Estructural según Austroads

DATOS	ABREV.	MAGNITUD
Cargas de tráfico vehicular	EAL	295,000.00
Suelo de Subrasante	CBR	8.80
Módulo de Resiliencia de Sub Rasante	MR	10,276.85
Tipo de Tráfico	TIPO	1
Número de Etapas	Etapas	1

<b>DATOS</b>	<b>ABREV.</b>	<b>MAGNITUD</b>
Nivel de Confiabilidad	Coef.	70%
Coefficiente Estadístico de desviación standard Normal	ZR	-0.524
Desviación Estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.8

Fuente: Elaboración Propia.

Obteniendo de esta manera un Número estructural de 2.199, ahora determinaremos los coeficientes estructurales.

Tabla N° 59: Coeficientes estructurales

<b>CAPA SUPERFICIAL</b>	<b>BASE</b>	<b>SUB-BASE</b>
a1	a2	a3
0.13	0.052	0.047

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de coeficiente de drenaje, de la misma forma se considera 1 y se llega a obtener los siguientes espesores:

Tabla N° 60: Espesores de Pavimento

<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
2.5	20	20

Fuente: Elaboración Propia

Con estos espesores se obtuvo un Número Estructural de 2.305, el cual supera el SN requerido.

- **Manual de South Africa:**

Aplicando los valores del manual se procede de la misma manera para determinar los valores requeridos.

Tabla N° 61: Datos para cálculo de Número Estructural según South Africa

<b>DATOS</b>	<b>ABREV.</b>	<b>MAGNITUD</b>
Cargas de tráfico vehicular	EAL	171,000.00
Suelo de Subrasante	CBR	8.80
Módulo de Resiliencia de Sub Rasante	MR	10,276.85
Tipo de Tráfico	TIPO	1
Número de Etapas	Etapas	1
Nivel de Confiabilidad	Coef.	70%
Coefficiente Estadístico de desviación standard Normal	ZR	-0.524
Desviación Estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.8

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo de esta manera un Número estructural de 2.01, ahora determinaremos los coeficientes estructurales, en este caso como los ejes equivalentes son menores a 500 000 se puede optar como opción los micro pavimentos

Tabla N° 62: Coeficientes Estructurales

<b>CAPA SUPERFICIAL</b>	<b>BASE</b>	<b>SUB-BASE</b>
a1	a2	a3
0.15	0.052	0.047

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de coeficiente de drenaje, de la misma forma se considera 1 para este caso donde se llega a obtener los siguientes espesores:

Tabla N° 63: Espesores de capas del pavimento

<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
1.2	15	20

Fuente: Elaboración Propia

En la que se obtiene un Número estructural de 2.16, lo cual es mayor al SN requerido 2.01.

- **Manual de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito:**

Del mismo modo se halla los parámetros según este manual, en la que nos resultó lo siguiente:

Tabla N° 64: Datos para cálculo de Número Estructural según CPBVT

<b>DATOS</b>	<b>ABREV.</b>	<b>MAGNITUD</b>
Cargas de tráfico vehicular	EAL	490,000.00
Suelo de Subrasante	CBR	8.80
Módulo de Resiliencia de Sub Rasante	MR	10,276.85
Tipo de Tráfico	TIPO	2
Número de Etapas	Etapas	1
Nivel de Confiabilidad	Coef.	75%
Coefficiente Estadístico de desviación standard Normal	ZR	-0.674
Desviación Estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.8

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo de esta manera un Número estructural de 2.453. Ahora determinaremos los coeficientes estructurales.

Tabla N° 65: Coeficiente Estructural

<b>CAPA SUPERFICIAL</b>	<b>BASE</b>	<b>SUB-BASE</b>
a1	a2	a3
0.17	0.052	0.047

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de coeficiente de drenaje, de la misma forma se considera 1 para este caso, y se llega a obtener los siguientes espesores

Tabla N° 66: Espesores del Pavimento

<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
5	15	20

Fuente: Elaboración Propia

Con estos espesores obtenemos un SN resultante de 2.57 y es mayor al Requerido. El espesor de este pavimento es mucho más reducido al espesor calculado con datos de los expedientes técnicos.

A continuación, se muestra un cuadro resumen de los espesores encontrados de acuerdo al Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). (ver Tabla N°67)

Tabla N° 67: Espesores por cada tipo de Manual

<b>MANUAL</b>	<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
E.T.	2.5	25	25
Manual de Aashto	1.2	15	20
Manual de Austroads	2.5	20	20
Manual de South Africa	1.2	20	20
Manual de C.P.B.V.T.	2.5	20	25

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

d1 = Espesor de Carpeta Asfáltica.

d2 = Espesor de Base.

d3 = Espesor de Sub Base.

Se puede visualizar en la tabla N°67 que con los valores de factor Camión del Manual de Aashto varía el espesor de la base a comparación de los demás manuales y debido a un EAL menor se optó por el slurry seal para el diseño. En el caso del expediente es el que posee una mayor proporción respecto a la base comparada con los demás manuales.

## **5.4. Análisis de Resultados**

### **5.4.1. Tipo de vehículo característico**

- De la figura N°31, en el proyecto de “Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)- Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran dos estaciones de estudio, los vehículos ligeros de mayor demanda son la moto lineal y la camioneta pick up teniendo cada uno 50 vehículos por día anualmente, representando entre ambos el 54% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 34 vehículos por día anualmente que representa el 19% del total de vehículos; en general, el 81% son vehículos ligeros y el 19% vehículos pesados.
- De la figura N°32, en el proyecto “Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran tres estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el station wagon con 70 vehículos por día anualmente, representando el 46% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 9 vehículos por día anualmente que representa el 6% del total de vehículos; en general, el 89% son vehículos ligeros y el 11% vehículos pesados.

- De la figura N°33, en el proyecto “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran seis estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 139 vehículos por día anualmente, representando el 26% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 3 ejes teniendo 97 vehículos por día anualmente que representa el 18% del total de vehículos; en general, el 60% son vehículos ligeros y el 40% vehículos pesados.
- De la figura N°34, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran una estación de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta rural (combo) con 12 vehículos por día anualmente, representando el 21% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 18 vehículos por día anualmente que representa el 31% del total de vehículos; en general, el 43% son vehículos ligeros y el 57% vehículos pesados.
- De la figura N°35, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran dos estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el auto con 163 vehículos por día anualmente, representando el 32% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 3 ejes teniendo 74 vehículos por día anualmente que representa el 15% del total de vehículos; en general, el 63% son vehículos ligeros y el 37% vehículos pesados.
- De la figura N°36, en el proyecto “Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran catorce estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 646 vehículos por día anualmente, representando el 41% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 3 ejes teniendo 108 vehículos

por día anualmente que representa el 7% del total de vehículos; en general, el 86% son vehículos ligeros y el 14% vehículos pesados.

- De la figura N°37, en el proyecto “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran cuatro estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta rural (combi) con 213 vehículos por día anualmente, representando el 46% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 76 vehículos por día anualmente que representa el 17% del total de vehículos; en general, el 81% son vehículos ligeros y el 19% vehículos pesados.
- De la figura N°38, en el proyecto “Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran diez estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 418 vehículos por día anualmente, representando el 25% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 184 vehículos por día anualmente que representa el 11% del total de vehículos; en general, el 72% son vehículos ligeros y el 28% vehículos pesados.
- De la figura N°39, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca. Tramo: Chongoyape - Llama”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran dos estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 83 vehículos por día anualmente, representando el 25% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 104 vehículos por día anualmente que representa el 32% del total de vehículos; en general, el 45% son vehículos ligeros y el 55% vehículos pesados.
- De la figura N°40, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran tres estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 118 vehículos por día anualmente,

representando el 40% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 3 ejes teniendo 35 vehículos por día anualmente que representa el 12% del total de vehículos; en general, el 73% son vehículos ligeros y el 27% vehículos pesados.

- De la figura N°41, en el proyecto “Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran cuatro estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el station wagon con 132 vehículos por día anualmente, representando el 38% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 17 vehículos por día anualmente que representa el 5% del total de vehículos; en general, el 95% son vehículos ligeros y el 5% vehículos pesados.
- De la figura N°42, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran una estación de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el station wagon con 22 vehículos por día anualmente, representando el 35% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 13 vehículos por día anualmente que representa el 21% del total de vehículos; en general, el 79% son vehículos ligeros y el 21% vehículos pesados.
- De la figura N°43, en el proyecto “Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran ocho estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el station wagon con 351 vehículos por día anualmente, representando el 27% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 167 vehículos por día anualmente que representa el 13% del total de vehículos; en general, el 70% son vehículos ligeros y el 30% vehículos pesados.
- De la figura N°44, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín”,

se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran dos estaciones de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es la camioneta pick up con 84 vehículos por día anualmente, representando el 51% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es el camión de 2 ejes teniendo 33 vehículos por día anualmente que representa el 20% del total de vehículos; en general, el 67% son vehículos ligeros y el 33% vehículos pesados.

- De la figura N°45, en el proyecto “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chamaya - Jaén -San Ignacio -Rio Canchis”, se tiene que de su análisis de conteo de vehículos, donde consideran una estación de estudio, el vehículo ligero de mayor demanda es el station wagon con 136 vehículos por día anualmente, representando el 71% del total de vehículos y el vehículo pesado con mayor demanda es camión de 2 ejes teniendo 19 vehículos por día anualmente que representa el 10% del total de vehículos; en general, el 90% son vehículos ligeros y el 10% vehículos pesados.

Luego de analizar cada expediente, de una manera global como se muestra en la tabla N°42 el vehículo ligero característico es la camioneta pick up con 1339 vehículos por día anualmente representando el 28.77% y el vehículo pesado característico es el camión de 2 ejes con 580 vehículos por día anualmente representando el 12.46%. Ahora, de la figura N°48 tenemos que de todos los expedientes analizados el 73% o sea 3384 vehículos por día anualmente son vehículos ligeros y el 27% restante o sea 1270 vehículos por día anualmente son vehículos pesados.

#### **5.4.2. Tasa de crecimiento poblacional y PBI:**

- De la figura N°49 y N°64 del expediente “Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)- Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población corresponden al año 2007 y que el PBI es un promedio de los años 2007 al 2011 para un conteo de tráfico realizado en el 2018 y una proyección de tráfico de 10 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018

respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que fue muy elevada ya que en la actualidad ambas han decrecido por lo que el flujo vehicular también debería decrecer y con esto se modificaría el diseño geométrico y de pavimentos.

- De la figura N°50 y N°65 del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población corresponden a los años 2013-2023 y que el PBI corresponde a los años 2013-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2014 y una proyección de tráfico (donde el proyectista consideró que la vía entraría en operación en el año 2016) de 10 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que al ser diseñada según el vehículo pesado, Apurímac ha crecido en 10% con respecto a su PBI lo que significa que en la actualidad esa carretera podría estar sufriendo fallas pues el flujo vehicular se ha incrementado.
- De la figura N°51 y N°66 del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones estadísticas del INEI y MEF respectivamente, correspondientes a los 2011 hasta el 2025 para un conteo de tráfico realizado en el 2012 y una proyección de tráfico (donde el proyectista consideró que la puesta en marcha se realizaría en el 2014) de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que al ser diseñada para vehículos pesados el PBI ha crecido en 0.9% lo que no influiría mucho en el diseño geométrico y de pavimentos.
- De la figura N°52 y N°67 del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo Ayacucho Km. 50+000 - Km. 98+800” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI (por no tener tráfico basado en series históricas) son

proyecciones estadísticas del INEI y MEF respectivamente, correspondientes a los años 2006 hasta el 2025 (que se utilizaron para las proyecciones en la Interoceánica del 2005) para un conteo de tráfico realizado en el 2008 y una proyección de tráfico (donde el proyectista consideró que la puesta en marcha se realizaría en el 2014) de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que al ser diseñada según el vehículo pesado, Ayacucho ha crecido en 2.7% con respecto a su PBI lo que significa que en la actualidad esa carretera podría estar sufriendo fallas pues el flujo vehicular se ha incrementado.

- De la figura N°53 y N°68 del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú para el año 2023, teniendo en cuenta que la carretera pasara por Lima, Junín y Pasco pero además recibirá vehículos de los demás departamentos consideran la de Perú, para un conteo de tráfico realizado en el 2009 y una proyección de tráfico (donde el proyectista considera que la puesta en marcha será en el 2011) de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar no hay variación en la tasa de crecimiento poblacional pero si en el PBI teniendo un caída de 1.3% lo que significa que el flujo vehicular ha disminuido.
- De la figura N°54 y N°69 del expediente “Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son del periodo 2007-2014 para un conteo de tráfico realizado entre fines del 2015 e inicios del 2016 y una proyección de tráfico (donde según el cronograma de inversiones una parte se ejecutara entre los años 2017-2018 y la otra entre el año 2019) de 10 años tomando como año base el 2016, por lo que al ser

comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que la disminución de tasa de crecimiento poblacional más crítica es de Huancavelica llegando a -2.7% y que todos los PBI de los departamentos involucrando han decrecido siendo Ayacucho el más evidente con una caída de 2.2% lo que significa que el flujo vehicular ha disminuido considerablemente.

- De la figura N°55 y N°70 del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú para el año 2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2013 y una proyección de tráfico (considerada a partir del 2018) de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar disminución de tasa de crecimiento poblacional y de PBI de Moquegua y Tacna, teniendo en cuenta que se diseña con el vehículo pesado, Tacna muestra una caída de 3.6% por lo que significa que el flujo vehicular ha disminuido, por lo que se podría encontrar un sobredimensionamiento.
- De la figura N°56 y N°71 del expediente “Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari) por niveles de servicio” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son un promedio entre los años 2010-2015 para un conteo de tráfico realizado en el 2017 y una proyección de tráfico de 10 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, podemos apreciar que ambos indicadores han decrecido, teniendo en cuenta que se diseña con el vehículo pesado, tenemos que en su PBI disminuyen 4.14% lo que significaría una disminución en el flujo vehicular.
- De la figura N°57 y N°72 del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca. Tramo: Chongoyape - Llama” tenemos que los valores tomados para la tasa de

crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú 2004-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2009 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que el PBI de la mayoría de los departamentos han incrementado hasta en 1.3% lo que significaría que están transitando más vehículos pesados por lo que la carretera actualmente podría presentar fallas lo que conllevaría a hacerle mantenimiento más seguido.

- De la figura N°58 y N°73 del expediente “. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú 2004-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2011 y una proyección de tráfico (donde consideran que la puesta en marcha será en el 2017) de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que los dos indicadores han decrecido y al considerar los vehículos pesados para el diseño, tenemos que el PBI para La Libertad disminuye 3.2% lo que significaría que están transitando menos vehículos pesados.
- De la figura N°59 y N°74 del expediente “Mejoramiento de la carretera Rodríguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú 2004-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2012 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que siendo los vehículos pesados considerados el diseño, tenemos que el PBI de San Martín, Lambayeque y Lima ha crecido hasta en 1.6% lo que significaría que están transitando más vehículos pesados por lo que la carretera actualmente podría estar presentando fallas lo que conllevaría a hacerle mantenimiento más seguido.

- De la figura N°60 y N°75 del expediente “Rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal Talavera - Mulacancha - Taramba - Nueva Esperanza - AP - 150 - Apurímac” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son del INEI y MEF del 2014 para un conteo de tráfico realizado en el 2014 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, se aprecia un incremento de más del 10% en el PBI siendo este el principal factor para los vehículos pesados los que serán considerados para el diseño geométrico y de pavimentos, por lo que la carretera actualmente podría estar presentando fallas dado el incremento de vehículos pesados.
- De la figura N°61 y N°76 del expediente “Mejoramiento de la carretera Oyón-Ambo. Tramo I: Oyón (Km. 134+977.92) - Dv. Cerro de Pasco (Km. 181+000) y Ramal Km. 136+780 - Km. 139+698.19” tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú 2004-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2012 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que las tasas de crecimiento poblacional han llegado hasta valores negativos, mientras que el PBI para Pasco a decrecido 5.6% lo que podría significar una disminución considerable en cuanto vehículos pesados y la carretera podría estar sobredimensionada.
- De la figura N°62 y N°77 del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín”, tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son proyecciones realizadas para el Plan Intermodal de Transportes del Perú 2004-2023 para un conteo de tráfico realizado en el 2008 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que Cajamarca tiene un descenso poblacional lo que podría

significar una disminución de los vehículos ligeros pero con respecto a su PBI la población se mantiene activa pues solo han decaído 0.9%.

- De la figura N°63 y N°78 del expediente “Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis”, tenemos que los valores tomados para la tasa de crecimiento población y el PBI son del 2009 para un conteo de tráfico realizado en el 2009 y una proyección de tráfico de 20 años, por lo que al ser comparada con una tasa de crecimiento población y PBI del 2017 y 2018 respectivamente, por encontrarse en el rango de la proyección de tráfico, observamos que Cajamarca tiene un descenso poblacional y una caída de 1.2% con respecto a su PBI lo que significaría que no hay flujo de vehículos ligeros y una disminución en vehículos pesados.

#### **5.4.3. Factor Camión**

De los gráficos obtenidos, tenemos lo siguiente:

- En la figura N°79 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca – Piura” en la que se aprecia que el valor de factor camión del expediente es más alto que los demás manuales internacionales en un 39% para el Camión C2, mientras que para el camión C3 está incrementado en 16%
- En la figura N°80 se ve valores de factor camión por tipo de vehículo del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacombamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.” en la que se visualiza el valor de factor camión del expediente siendo este más alto que los demás manuales en un 39% para el Camión C2 y el Camión C3, está incrementado en 16%.
- En la figura N°81 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca - Pallasca” en la cual el valor de factor camión del expediente

es menor en un 14% en comparación con el promedio de los manuales internacionales y el Camión C3 incrementando en un 45%.

- En la figura N°82 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay” en la que se visualiza el valor de factor camión del expediente siendo este más alto que los demás manuales en un 62% para el camión C3
- En la figura N°83 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay” en la que el factor camión del expediente considera para el Camión C2 mayor en un 29% a comparación del promedio de los manuales, mientras que para el Camión C3 aumenta en un 33%.
- En la figura N°84 del mismo modo se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Concepción) - Comas - EMP. PE-5S (Pto. Ocopa) - Atalaya / EMP. PE-5S (Dv. Bajo Kimiriki) - Buenos Aires - Pto. Prado - Mazarobeni - Camajeni - Poyeni, por niveles de servicio” en la que muestra la tendencia de factor camión por vehículo de cada expediente y el Camión C2 reduce en promedio un 14% y el Camión C3 aumenta en un 28%.
- En la figura N°85 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera (PU - 135) Checca - Mazocruz” en la que el valor para el Camión C3 es de un 72% mayor que el de los manuales, del mismo modo el Bus de 2 ejes incrementa en un 55%.
- En la figura N°86 del expediente “Mejoramiento de la carretera Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE - 14B (Huari)por niveles de servicio” en la que se visualiza el valor de factor camión del expediente siendo este mayor en un 20 % respecto a los manuales y el Camión C3 en un 9%
- En la figura N°87 se visualiza el expediente técnico “Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca, Tramo: Chongoyape - Llama” en la que se logra apreciar el valor de factor camión del expediente y de los manuales, siendo este último en promedio menor en un 63% para el Camión C2.

- En la figura N°88 se ve el expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Pallasca - Mollepata - Mollebamba - Santiago de Chuco - EMP, Ruta 10” en el cual el valor del Camión C2 es menor en este caso que los expedientes en un 32% en promedio y para el Camión C3 si es elevado el valor del expediente en un 46%.
- En la figura N°89 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Mejoramiento de la carretera Rodriguez de Mendoza - Empalme PE - 5N (La Calzada), Tramo: Selva Alegre - Empalme PE - 5N (La Calzada)” en la que apreciamos una tendencia del expediente menor en un 23% comparado con la de los manuales, y mayor para el Camión C3 en un 5%.
- En la figura N°90 se visualiza las comparaciones de factor camión del expediente “Mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo” en la que el valor de factor camión del C3 es mayor en un 14% respecto a los manuales.
- En la figura N°91 en el expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera: Cajamarca - Celendín - Balzas, Tramo: Km. 52+000 - Celendín (2009)” en la que los valores de factor camión son menores respecto al promedio, sin embargo, comparado con el Manual de Aashto o Austroads son mayores.
- En la figura N°92 en el expediente técnico del “Estudio definitivo de la carretera Chamaya - Jaen - San Ignacio - Rio Canchis" en la que se visualiza el valor de factor camión incrementado para el camión C2 en un 50 % y para el Camión C3 en un 28%.

De acuerdo con el resultado de los gráficos, se puede observar que las consideraciones de factor camión de los expedientes técnicos, respecto a los manuales internacionales se encuentran elevadas; a excepción del Manual de Brasil que nos muestran valores similares a las mostradas en los expedientes técnicos, sin embargo, en este mismo manual nos indican que los valores de Factor Camión encontrados son el resultado de tomar cargas máximas de los ejes de cada vehículo, por ello no tiene la misma semejanza con respecto a las demás normativas descritas en este mismo capítulo.

Las razones del por qué las consideraciones de factor camión son elevadas son las siguientes:

- Consideran valores del Manual carreteras, Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos del 2014.

Una muestra de ello lo tenemos en el Expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal: Pacobamba - Huironay - Ccerabamba - Abra Cusqueña (Long. 29.60KM), Ubicado en el distrito de Pacobamba provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.” Consideran los valores de este Manual, sin embargo, no son valores sugeridos por el MTC para los estudios de carga en pavimento, y en un segundo lugar estos valores obtenidos en el Manual son el resultado de las cargas máximas por eje de cada vehículo, lo que no asemejaría un estudio real de carga de vehículo.

- Consideraciones de carga para el sentido de la vía con mayor carga.

En el expediente “Estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera Chuquicara - Puente Quiroz - Tauca - Cabana - Huandoval - Pallasca, Tramo: Tauca – Pallasca” han realizado estudio en el lugar donde mayor carga había y de esa manera han podido determinar su Factor Camión por vehículo.

- Consideración de estudios pasados.

En el expediente “Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Unish tramo Canta Huayllay” En este caso se consideran estudios de pesaje para factor camión de años anteriores en la cual en cada año toman en cuenta el mayor valor de factor camión de cada vehículo y lo promedian para de esa manera obtener el valor para su estudio de carga.

Se puede apreciar también la influencia que tienen estos factores en el cálculo del EAL, en la Figura N°94 se puede ver que el valor de EAL de los expedientes técnicos es mayor en un 76.3% del promedio resultante de los demás manuales, lo cual influenciaría en el diseño de pavimentos.

En síntesis, los vehículos de los expedientes en estudio se le ha considerado valores de factor camión elevados tal cual se muestra en los gráficos de comparación con otros manuales, en la que ellos consideran valores más bajos y entre estos manuales llegan a un valor estándar de Factor Camión por vehículo, pero en la que no nos asemejamos en gran parte de los expedientes.

Estos valores de carga máxima considerados en los expedientes técnicos alteran el valor de Factor Camión, este aumentará el valor del EAL y este a su vez al

espesor del pavimento lo que significa un aumento en el costo de los proyectos de caminos de bajo volumen de tránsito, también reduce la idea de optar por alguna otra alternativa de solución para estos caminos al resultar un espesor bajo del pavimento

De acuerdo con el gráfico en la que se compara a los el FC de los manuales respecto al Camión 2E se puede observar que el valor promedio de los expedientes técnicos se acerca más al valor de Factor camión del Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito, lo cual es un valor que se podría considerar para los cálculos de EAL de diseño.

## **5.5. Contrastación de hipótesis y discusión de resultados**

### **5.5.1. Contrastación de hipótesis**

Después de haber estudiado los manuales internacionales y nacionales de diseño geométrico y de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito, se planteó un sistema de hipótesis para la cual se analizaron quince expedientes técnicos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por lo que a continuación se presenta la comprobación de las mismas.

#### **5.5.1.1. Hipótesis Principal**

Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): Si la camioneta pick up y el camión C2 son los vehículos característicos entonces los indicadores macroeconómicos están en el orden de 1.2% a 1.5% y el FC del camión C2 es 2.75 para determinar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Si la camioneta pick up y el camión C2 no son los vehículos característicos entonces los indicadores macroeconómicos no están en el orden de 1.2% a 1.5% ni el FC del camión C2 es 2.75 para determinar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito.

#### **5.5.1.2. Hipótesis Secundaria 1**

Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): Si se conoce la clasificación vehicular entonces se identifica a la camioneta pick up y el camión C2 como vehículos característicos para el diseño de caminos de bajo volumen de tránsito.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Si no se conoce la clasificación vehicular entonces no se identifica a la camioneta pick up y el camión C2 como vehículos característicos para el diseño de caminos de bajo volumen de tránsito.

Después de haber comparado la clasificación vehicular de los manuales tanto nacionales como internacionales, se obtuvo que a la que más se asemejan la de los expedientes técnicos y la plantilla que maneja el Ministerio de Transportes y Comunicaciones es al manual de AASHTO, siendo esta una clasificación por tipo de ejes.

Ahora, una vez terminando el análisis del Índice Medio Diario Anual de cada expediente técnico, se tiene que de manera global el vehículo característico ligero es la camioneta pick up con un índice medio diario anual de 1339 vehículos, mientras que el vehículo característico pesado es el camión de 2 ejes con un índice medio diario anual de 580 vehículos.

En resumen, se tiene que el 73% de vehículos ligeros está representado por la camioneta pick up y el 27% de vehículos pesados está representado por el camión de 2 ejes, siendo este el que se ha tenido en consideración en los expedientes técnicos para la elaboración del diseño geométrico y de pavimentos.

Finalmente, de acuerdo al análisis antes mencionado se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

#### **5.5.1.3. Hipótesis Secundaria 2**

Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): La tasa crecimiento poblacional y el PBI tiene un rango de 1.2% al 1.5% para los caminos de bajo volumen de tránsito.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): La tasa crecimiento poblacional y el PBI no tiene un rango de 1.2% al 1.5% para los caminos de bajo volumen de tránsito.

Los valores de los indicadores macroeconómicos considerados en cada uno de los expedientes son en su mayoría estimaciones del Plan Intermodal de Transportes del Perú para el año 2004-2023, pues este tiene como objetivo ordenar el desarrollo de la infraestructura del transporte teniendo así una visión de mediano y largo plazo para el desarrollo del comercio nacional e internacional del país en un proceso de integración global, lo que conlleva a que la tasa de crecimiento poblacional y el producto bruto interno tengan un crecimiento progresivo; sin embargo, los proyectistas deberían tener en cuenta que el Perú siempre pasa por inestabilidades

económicas como cualquier otro país, por lo que se debería reformular dichos valores y pegarlos más a la realidad del departamento.

Durante la comparación de dichos valores con los que nos brinda el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) y el Ministerios de Economía y Finanzas (2018) comprobamos que en su mayoría las tasas de crecimiento mencionadas han decrecido, siendo el caso más notable el de Huancavelica con una tasa de crecimiento población de -2.7% y Pasco con un PBI de -0.3%, en consecuencia se podría decir que hay una disminución de vehículos tanto ligeros como pesados; por otro lado, el departamento que se vería más afectado en cuanto a su diseño geométrico y de pavimentos por el crecimiento de su PBI sería Apurímac pues tiene un 10% más de lo considerado en el proyecto.

A modo de cierre, podemos decir que tanto la tasa de crecimiento poblacional y el producto bruto interno no están en el rango de 1.2% al 1.5%; por lo que se valida la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

#### **5.5.1.4. Hipótesis Secundaria 3**

Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): El FC del camión C2 es 2.75 para encontrar el EAL de diseño de acuerdo al volumen de los vehículos tipo en caminos de bajo volumen de tránsito.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): El FC del camión C2 no es 2.75 para encontrar el EAL de diseño de acuerdo al volumen de los vehículos tipo en caminos de bajo volumen de tránsito.

Luego de realizar el análisis respecto a los valores de Factor Camión por vehículo propuestos en los Manuales Internacionales se observó los que los datos que ellos recomiendan comparados con los valores que se han utilizado en los expedientes Técnicos están por debajo de la tendencia y esto se debe en gran medida por asumir cargas máximas en los ejes de los vehículos, dando a entender que los vehículos transitarán sobre el pavimento en su máxima carga durante toda su vida útil.

También se ha incluido a lista de manuales en comparación al Manual de Caminos Pavimentados De bajo volumen de tránsito, en la que nos sugería un valor de Factor Camión (2.75) que al momento de realizar un promedio a los valores de FC respecto al vehículo C2 de los expedientes técnicos nos

resultó 2.306, que al compararlo con los demás manuales el valor al que más se acerca es a este Manual. Entonces se consideraría propio asumir un FC de 2.75, para el Camión C2, para no colocar valores muy elevados en los expedientes técnicos.

En consecuencia, se puede decir que el valor del factor camión para el Camión C2 si es de 2.75 en caminos de bajo volumen de tránsito, aprobando la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

### **5.5.2. Discusión de resultados**

Entonces, luego de haber investigado la clasificación vehicular de los manuales nacionales e internacionales, teniendo en cuenta que algunos consideran la carrocería, los ejes, la longitud y el peso del vehículo; es conveniente un orden respecto a la clasificación vehicular en la normativa nacional para estandarizarlo con los demás manuales en la que lo clasifican según la longitud del vehículo y el número de ejes del mismo. Respecto al tipo de vehículo característico se debe tomar en cuenta al vehículo más largo y con mayor demanda encontrado que en este caso es el Camión C2, debido a que este sería el tomado en cuenta para el diseño geométrico de carreteras correspondiente. Las tasas de crecimiento tanto poblacional como de PBI influyen en la proyección del tráfico, sin embargo la tasa que más relevancia tendría en proyectos de caminos de bajo volumen de tránsito sería la tasa de crecimiento poblacional, ya que es esta la que se enfoca en los vehículos livianos y según nuestro análisis es la que tenemos en mayor porcentaje, por ello se debe tener en consideración si esta tasa es negativa, ya que al momento de proyectar el número de vehículos el caso más favorable sería considerar el IMDa presente y no aumentar el número de vehículos a futuro.

En el valor considerado para el factor camión en los expedientes técnicos se pudo observar en la presentación de resultados que son elevados comparados con los manuales internacionales, por la cual este valor influye en el aumento del EAL de diseño y esto puede influenciar en el diseño de pavimentos aumentando su costo, se sugeriría no tomar los valores de factor camión en su máxima carga, se podría tomar un promedio respecto a la data encontrada en los pesajes.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó de los expedientes técnicos evaluados que, el vehículo característico ligero es la camioneta pick up y el pesados es el camión C2, el cual sería el representativo para el diseño geométrico y de pavimentos; asimismo, que en varios casos las tasas de crecimiento son elevada a comparación de las tasas de crecimiento que el Instituto Nacional de Estadística e Informática tiene para el 2017 y 2018. Adicionalmente, los valores de factor camión de los expedientes técnicos comparados con los Manuales Internacionales son elevados, lo que influye en el EAL de diseño sobredimensionado.
2. El vehículo ligero característico del total de los expedientes evaluados es la camioneta pick up teniendo 1339 vehículos, mientras que para los vehículos pesados se tiene al camión C2 con 580 vehículos por lo que este representaría aproximadamente el 46% de vehículos pesados, que concuerda con las estadísticas internacionales.
3. La tasa de crecimiento poblacional actual tiene un rango desde -2.7% hasta 1.4% que a comparación de los valores considerados en los expedientes técnicos que se encuentra entre el rango desde 0.4% hasta 1.41%, muestra una tendencia al descenso; además, el producto bruto interno actualmente se encuentra entre -0.3% y 13.2% mientras que los valores tomados en los expedientes técnicos están entre -0.9% y 6.9% lo que evidencia la misma tendencia.
4. De acuerdo con los expedientes técnicos que se han utilizado para la investigación los valores de factor camión que se han utilizado por tipo de vehículo tienden a ser elevados hasta un máximo de 6.793 para Camión C2, comparados con normas extranjeras de países como Estados Unidos, Australia, Colombia, SudAfrica e incluso algunos expedientes están por encima de valores propuestos por el Manual de caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito del MTC según el vehículo pesado característico, Camión C2 es apropiado utilizar 2.75 de FC, ya que en promedio es al valor que más se acerca comparado con los demás manuales en mención.
5. Más del 80% de vehículos que transitan por todos los tramos considerados en los expedientes técnicos son ligeros, mientras que aproximadamente el 20% son vehículos pesados lo que significa que todos los expedientes técnicos tomaron en

consideración los vehículos pesados para realizar el diseño geométrico y de pavimentos.

6. Observando la tendencia de los valores del factor camión, las cuales consideran magnitudes elevadas debido a las consideraciones de carga máxima en los vehículos pesados, estas afectarán al diseño generando un sobredimensionamiento en el pavimento que según lo calculado el valor del paquete estructural (espesor) del expediente técnico es mayor en un 21.52% comparado con el calculado según el Manual de South Africa, del mismo modo comparándose con el Manual de Aashto el valor del E.T. lo excede en un 36.22% a su vez es mayor en un 22.22% comparado con el Manual de Austroads y es mayor que el Manual de Caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito en un 11.11%, lo cual también repercutirá en el presupuesto. Para los valores de ejes equivalentes menor a 500,000 se puede utilizar un tratamiento superficial o Slurry Seal, el cual me puede disminuir aún más el costo total del camino vecinal, pero va a depender del EAL de diseño que se considere.

## RECOMENDACIONES

1. Se debería proponer un valor único tanto como para la tasa de crecimiento poblacional como para el producto bruto interno teniendo en cuenta que la carretera no solo recorrerá los departamentos por donde tiene comprometido directamente el tráfico, sino que además recibirá vehículos de los departamentos aledaños o más alejados.
2. No asumir el máximo valor del factor camión, es decir en su máxima carga o sobrecargado en los caminos de bajo volumen de tránsito, ya que alteraría el diseño, se podría tener en cuenta un promedio de este factor, según la información de pesaje que se pueda obtener para vehículos pesados.
3. Se sugiere que después de superada la pandemia por el COVID-19, esta investigación se continúe considerando trabajo de campo, donde se pueda realizar un nuevo conteo de tráfico para hallar la proyección de tráfico con los valores más actuales de las tasas de crecimiento y sobre todo calcular el peso de los vehículos en un camino de bajo volumen de tránsito determinado.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of pavement structures*. Washington, D.C: Department of the Army.
- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
- Administradora Boliviana de Carretera. (2011). *Manual de diseño de conservación vial*. Bolivia : Empresa Sagitario S.R.L.
- Austroroads. (2008). *Guide to Pavement Technology Part 2: Pavement Structural Design*. Sidney, Australia.
- Balbín Arauco, S., & Baldeón Prado, D. P. (15 de Diciembre de 2019). *Propuesta de diseño geométrico en perfil para caminos de bajo volumen de tránsito de la provincia de Canta (Tesis de Pregrado)*. Universidad Ricardo Palma , Lima.
- Banco Central de Reserva del Perú . (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE APURÍMAC* .
- Banco Central de Reserva del Perú . (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE*.
- Banco Central de Reserva del Perú . (2020). *PIURA: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ANCASH*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA* .
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE HUANCAVELICA* .
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE JUNÍN*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD*.

- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PASCO.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PIURA.* Piura .
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN .*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TACNA.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2018). *CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE UCAYALI.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *ANCASH: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *APURÍMAC: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *AYACUCHO: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *CAJAMARCA: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *HUANCAVELICA: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *HUÁNUCO: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *JUNÍN: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *LA LIBERTAD: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *LAMBAYEQUE: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *MOQUEGUA: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *PASCO: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020.*

- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *SAN MARTIN: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *TACNA: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020*.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *UCAYALI: Síntesis de Actividad Económica agosto 2020*.
- Cal y Mayor Reyes, R., & Cardenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito*. Mexico: Alfaomega.
- Castillo Creamer, R. A. (2009). *Rehabilitacion de pavimentos rígidos en base al estudio de la carretera Tarija - Potosi* .
- Castro Fung, C., & Céspedes López, M. d. (2009). *Estudio compartido de normas de diseño geométrico y pavimentos de caminos de bajo volumen de tránsito. Caso: "Carretera Lancarolla - Mungui" (Tesis de pregrado)*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2019 . *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2019* .
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019, Febrero). *Unidad de servicios de transportes*. Retrieved from División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44440-transporte-carretera-america-latina-evolucion-la-infraestructura-sus-impactos>
- Committee of State Road Authorities. (1991). *Traffic loading for pavement and rehabilitation design*. Republic of South Africa.
- Corporación Andina de Fomento. (2010). *Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito*.
- Departamento Nacional de Infra-Estructura de Transportes. (2006). *Manual de Estudios de Tráfico*. Río de Janeiro, Brasil.
- Dirección Regional de Agricultura de Ancash. (2016). *Región Ancash Portal Regional Agrario*. Retrieved from Región Ancash Portal Regional Agrario: <https://agroancash.gob.pe/agro/ubicacion/>
- Grau, J. L. (2009). *Propuesta alternativa a la distribucion racional de presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitacion de pavimentos*.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA.

- Hernández Vela, M. A., & Llerena Martínez, R. (2019). *Análisis de normativa internacional de carreteras no pavimentadas a fin de proponer diseño de la estructura de superficie de rodadura en Perú (Tesis de pregrado)*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2015). *Metodología de Cálculo del producto bruto interno anual*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). *Estimaciones y proyecciones de la población por departamento, sexo y grupos quinquenales de edad 1995-2025*. INEI, Lima, Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018, Junio). Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017. Lima, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019, Junio). Producto Bruto Interno por departamentos 2018. *Producto Bruto Interno por departamentos 2018*. Lima, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2000). *Conciendo Apurimac*. Lima.
- Kraemer, C. (2003). *Ingeniería de Tránsito*. Madrid, España.
- Ministerio De Transporte. (2006). Manual de estudio de tráfico. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2007). *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con bajos volúmenes de Tránsito*. Colombia.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2008). *Manual para la revisión de estudios de Tránsito*. Nicaragua.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Diseño Geométrico: DG-2018*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2019). *Informe Multianual de Inversiones en Asociaciones Público Privada 2017 - 2019*. MTC, Lima, Lima. Retrieved from <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/353286/Anexo.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Diagnóstico de la Situación de las Brechas de Infraestructura o de Acceso a Servicios*. Lima.

- Ministry of Works and Transport. (2004). *Traffic Data Collection and Analysis*. Gaborone, Botswana.
- Navarro, S. (2018). *Ingeniería de Tránsito*. Estelí, Nicaragua.
- Ospina Ovalle, G. (2016). El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia. *Revista de Ingeniería* , 20-27.
- Quintana López, J., & Arévalo Lay, V. (2016). Caminos vecinales: realidad y Normativa del Perú. *Caminos vecinales: realidad y Normativa del Perú*. Lima, Lima, Perú.
- Rodríguez, L. (2016). Reestructuración de pavimento en el tramo IIRSA centro. URP.
- Román Huacho, W. R., & Saldaña Romero, A. A. (2018). *Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG - 2018 a fin de optimizar costos (Tesis de pregrado)*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en Carreteras*. México.
- Sifuentes, A. (2010). *Grado de satisfacción del diseño de pistas de la Av. Brasil*.
- USACE. (2004). *Department of the Army*. Washington, D.C.
- Useche Losada, M., De la Cruz Federici, M. L., Rodríguez de León, M., & Sierra Restrepo, A. (1995). *Caminos Reales de Colombia*. Bogotá: Fondo FEN Colombia.
- Villalobos, S., Méndez, L. M., Canut de Bon, C., Pinto, S., Serrano, S., Parentini, L. C., . . . Plass, J. (1990). *Historia de la Ingeniería en Chile*. Santiago de Chile, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A.

# ANEXOS

## Anexo 1: Expediente técnico N° 1



### ESTUDIO DE TRÁFICO



**"Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-Olleros Pampa-Cujaca-Rodeopampa y Nogal, Distrito y Provincia de Ayabaca - Piura".  
Ruta: PI-694.**

*Agosto del 2019*

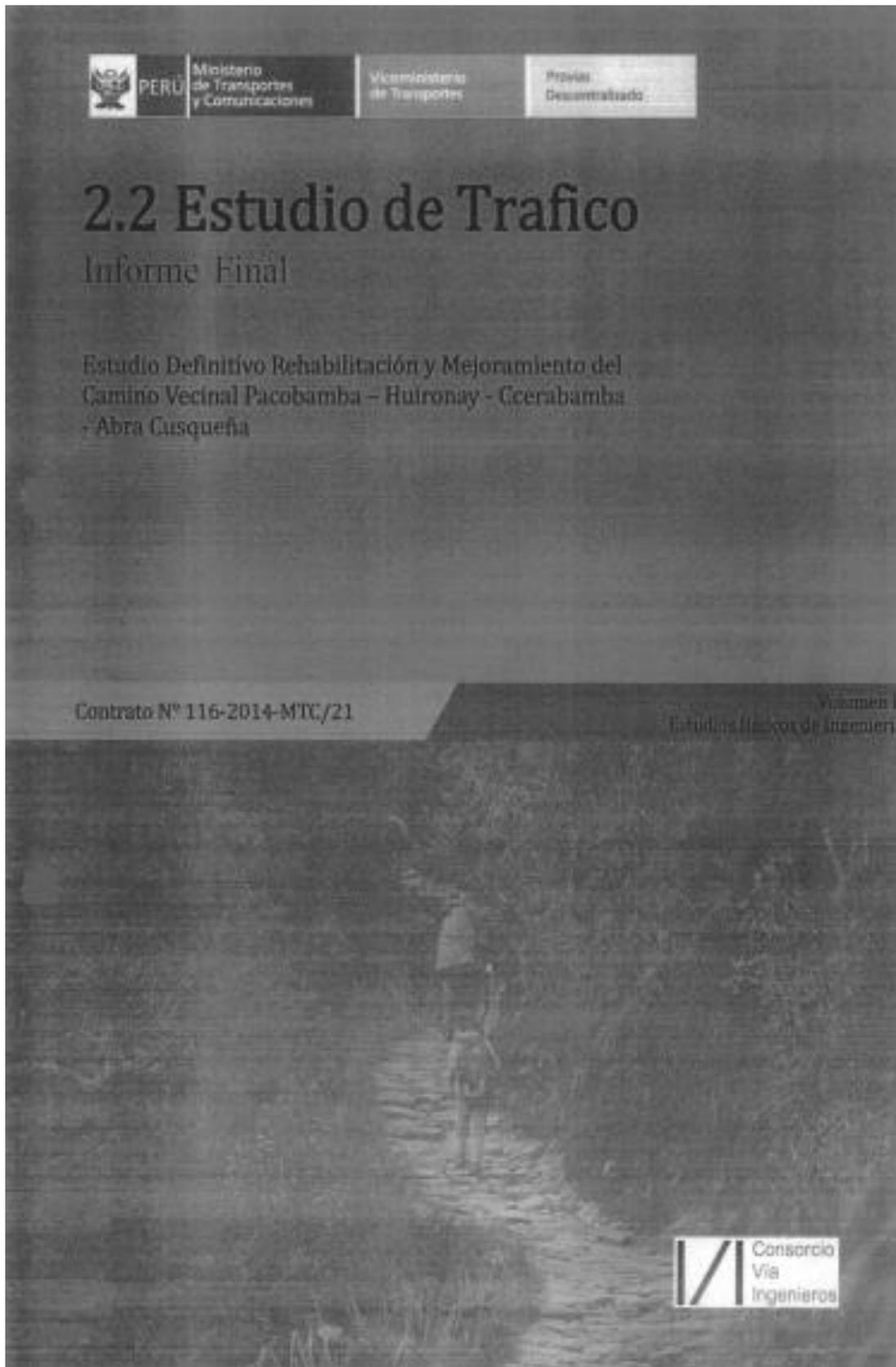
A handwritten signature in black ink is placed over a circular official stamp. The stamp contains the text "Pablo Emilio Aguilar" and "LICENCIADO CIVIL" with the number "132.00871" below it.

---

*"Mejoramiento del Servicio de transitabilidad Vehicular entre las Localidades de Congoli (Emp. PE-3N)-*

Fuente: <https://prodapp2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/fichaSeleccion/fichaSeleccion.xhtml?ptoRetorno=LOCAL>, encontrado el 02 de agosto del 2020

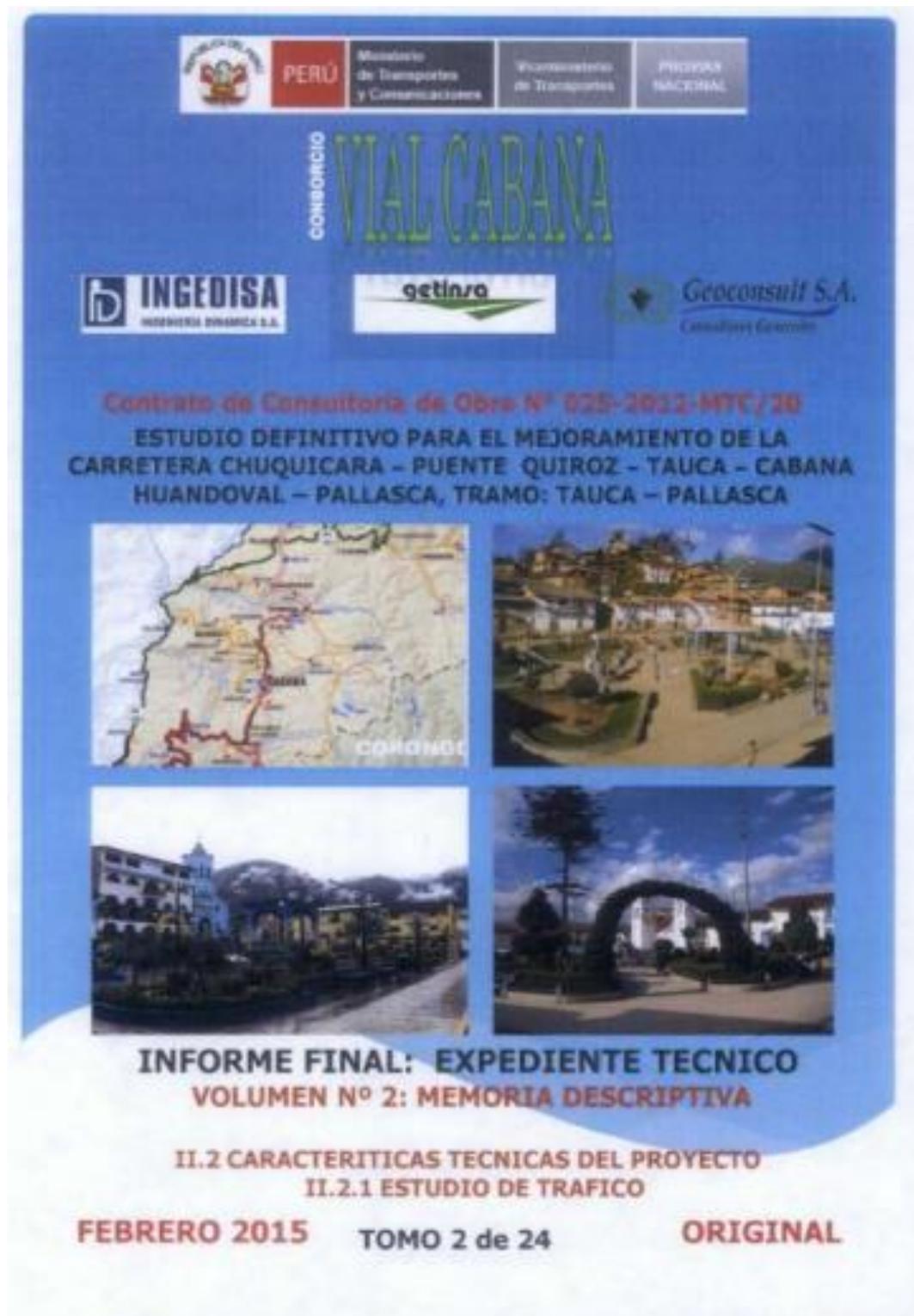
## Anexo 2: Expediente técnico N° 2



Fuente: [http://www.proviasdes.gob.pe/arch\\_ProcSelecc/index.aspx?ps=CI-28-2018-MTC21-LPN](http://www.proviasdes.gob.pe/arch_ProcSelecc/index.aspx?ps=CI-28-2018-MTC21-LPN),

encontrado el 04 de agosto del 2020

Anexo 3: Expediente técnico N° 3



Fuente:[http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/LPI\\_0001\\_2019/ExpedienteTecnico/2162.VOL%20N.1%20RESUMEN%20EJECUTIVO%20DEL%20PROYECTO.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/LPI_0001_2019/ExpedienteTecnico/2162.VOL%20N.1%20RESUMEN%20EJECUTIVO%20DEL%20PROYECTO.pdf), encontrado el 04 de agosto del

2020.

Anexo 4: Expediente técnico N° 4

**MTC** PROVIAS NACIONAL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL  
PROVIAS NACIONAL

CONTRATO DE SERVICIO DE CONSULTORIA N° 051-2008-MTC/20  
ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO  
DE LA CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY  
TRAMO : KM. 50+000 - KM. 98+800

**INFORME N° 05**  
**Informe Final**

**ANEXO**

**CAPITULO DE TRAFICO**



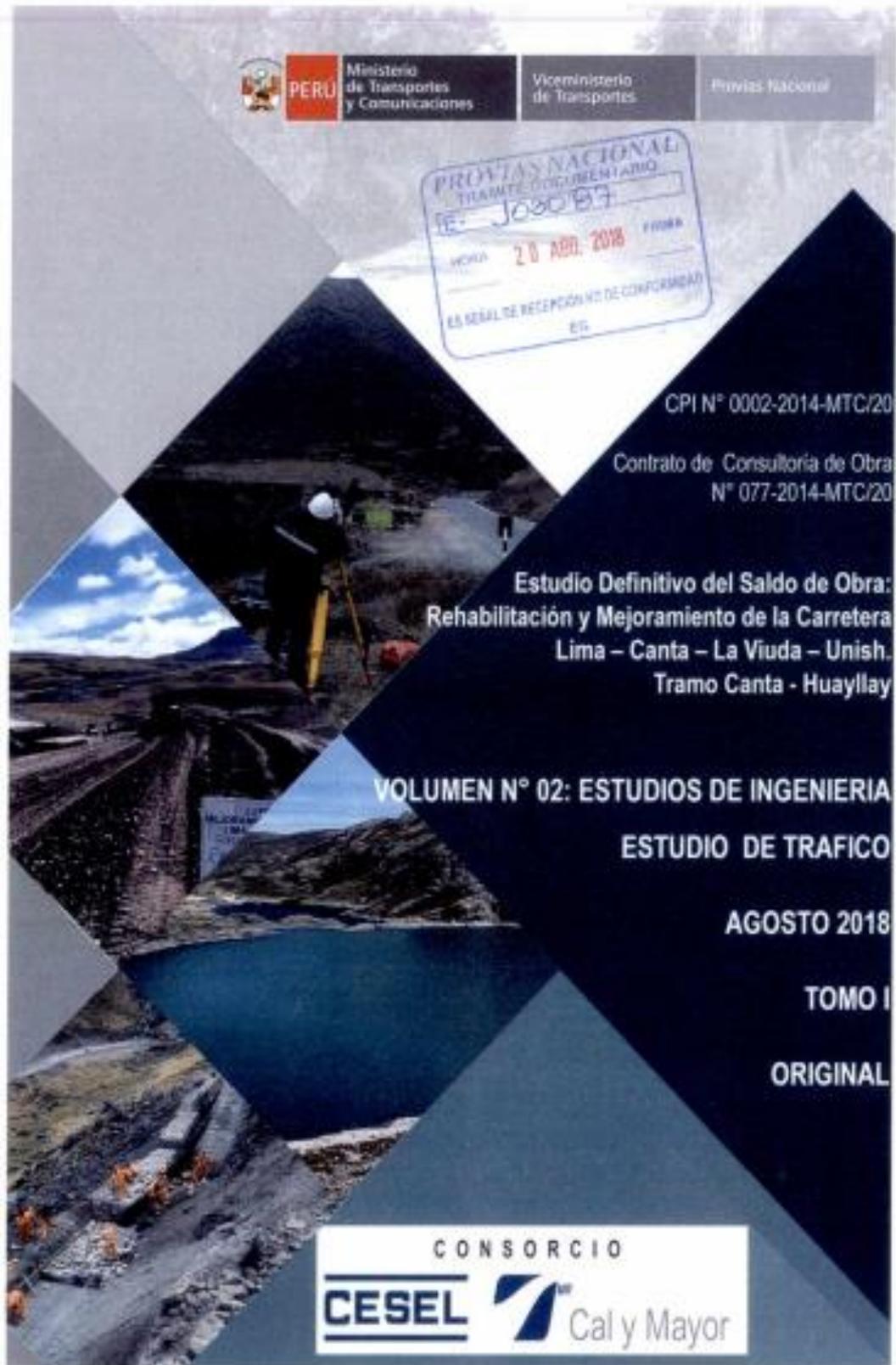
**COMPONENTE DE INGENIERÍA**

CONSORCIO  
**CONSORCIO  
CENTRO II**

Noviembre, 2008

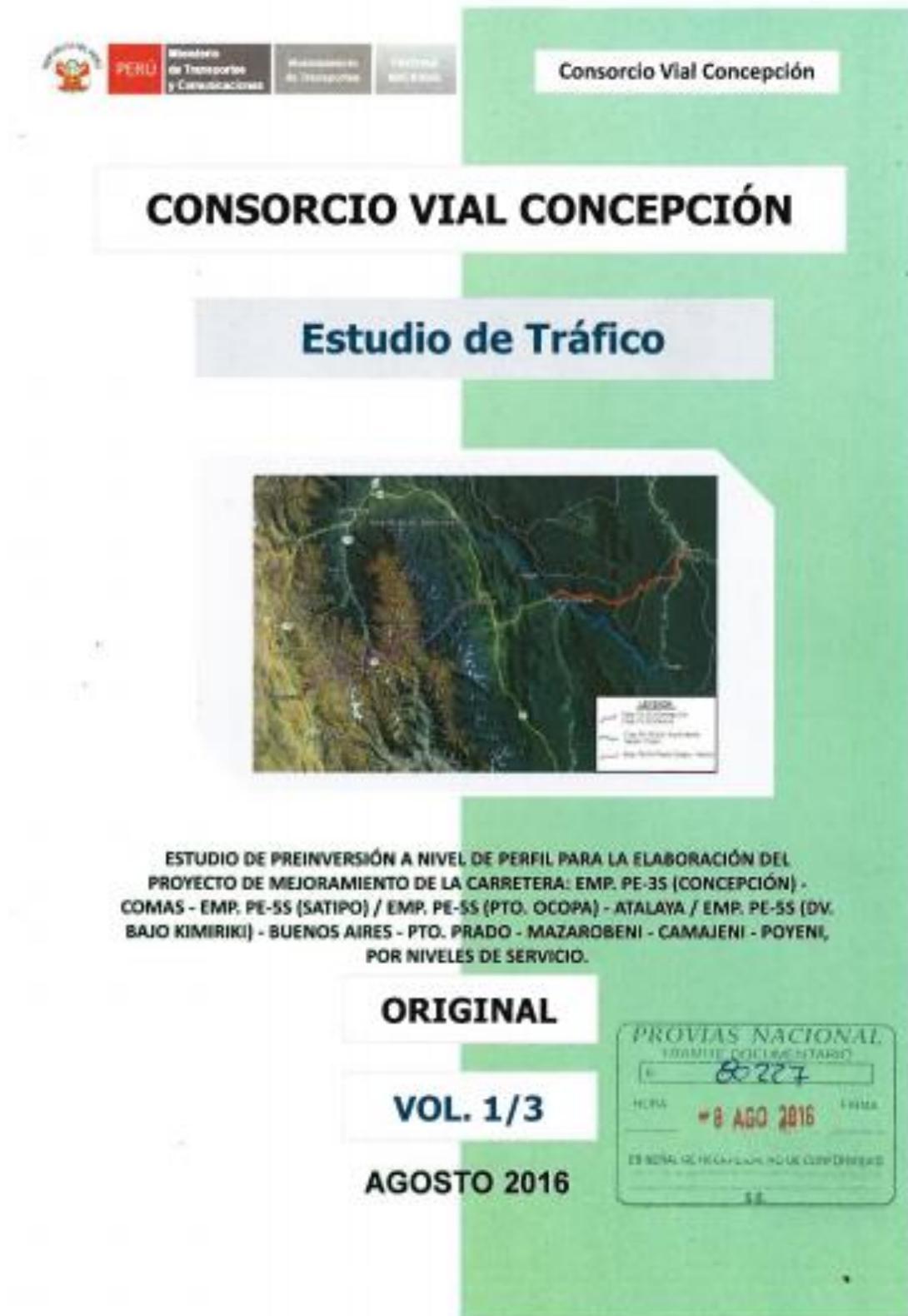
Fuente: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2011/LP005/DVD2/Vol%201%20Capitulo%20de%20Trafico.pdf>, encontrado el 04 de agosto del 2020.

## Anexo 5: Expediente técnico N° 5



Fuente: <http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/Canta-Huallay/Expediente%20T%C3%A9cnico/02%20Estudio%20de%20Trafico.pdf>, encontrado el 04 de agosto del 2020.

## Anexo 6: Expediente técnico N° 6



Fuente: [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/CP\\_43\\_2017/2.%20Estudios%20Basicos/4.%20Tr%C3%A1fico/Tr%C3%A1fico%20V1.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/CP_43_2017/2.%20Estudios%20Basicos/4.%20Tr%C3%A1fico/Tr%C3%A1fico%20V1.pdf), encontrado el 06 de agosto del 2020.

Anexo 7: Expediente técnico N° 7



**GOBIERNO REGIONAL  
PUNO**  
*Honesto y productivo...*

CONTRATO DE SERVICIO DE CONSULTORIA  
N°017-2013-CP-GRP

**ESTUDIO DEFINITIVO  
PARA EL MEJORAMIENTO  
DE LA CARRETERA**

**COMPONENTE DE INGENIERIA**

**PU 135 CHECCA-MAZOCRUZ**  
PROVINCIA DEL COLLAO- PUNO

**INFORME FINAL**

**VOLUMEN N°1  
MEMORIA  
DESCRIPTIVA Y  
ESTUDIOS BÁSICOS**

**ANEXO B**

**TRÁFICO Y CARGA**



**TOMO 1/1**

JULIO 2016

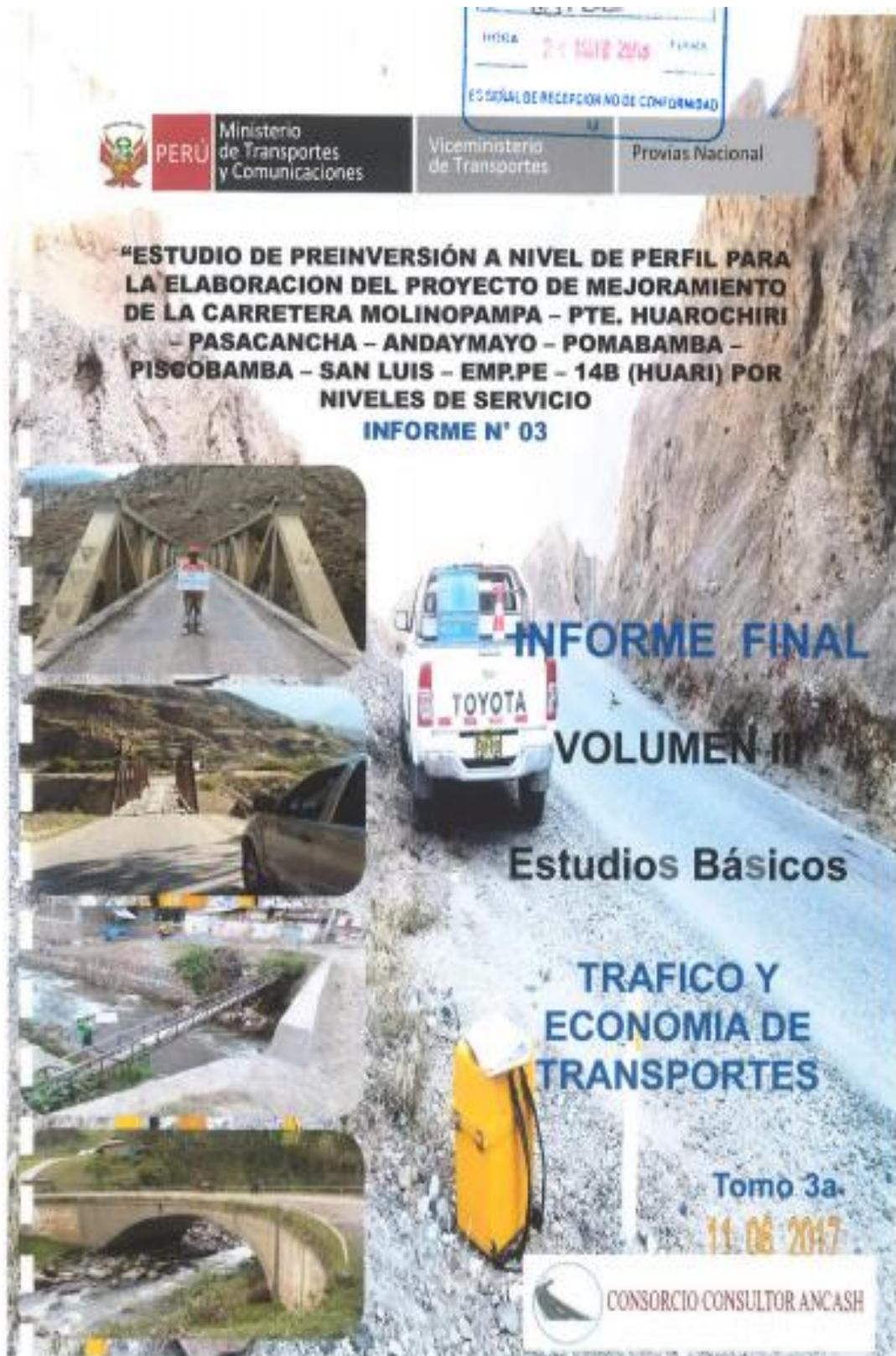


CONSULTOR:  
**CONSORCIO COLLAO 63**

**63**  
INGENIERIA

**AZIZE**  
INGENIEROS

Anexo 8: Expediente técnico N° 8



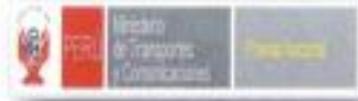
Fuente: [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/CP\\_0030-2019/2.%20TRAFICO/VOL%20III%20TRAFICO-%203a.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/CP_0030-2019/2.%20TRAFICO/VOL%20III%20TRAFICO-%203a.pdf), encontrado el 06 de agosto del 2020.

Anexo 9: Expediente técnico N° 9



Fuente: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2010/LP0006-2010/Disk1/04%20ESTUDIO%20DE%20TR%20C3%81FICO/Vol%20I%20-%20Anexo%20B%20-%20ETC/Vol%20I%20-%20Anexo%20B%20ETC.pdf>, encontrado el 06 de agosto del 2020.

**Anexo 10: Expediente técnico N° 10**



**ESTUDIO DEFINITIVO DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y  
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PALLASCA –  
MOLLEPATA - MOLLEBAMBA-SANTIAGO DE CHUCO-  
EMP, RUTA 10.**

**TRAMO: SANTIAGO DE CHUCO - CACHICADAN - MOLLEPATA**



# **VOLUMEN 1**

**FILE PALANCA N° 03  
ESTUDIO DE TRAFICO**

Fuente: [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/LPI\\_0002\\_2019/ExpedienteTecnico/01%20Resumen%20Ejecutivo.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2019/LPI_0002_2019/ExpedienteTecnico/01%20Resumen%20Ejecutivo.pdf), encontrado el 08 de agosto del 2020.

Anexo 11: Expediente técnico N° 11

**REPUBLICA DEL PERU**

**MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES**

**PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL**

**PROVIAS NACIONAL**

**ESTUDIO DEFINITIVO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA RODRIGUEZ DE MENDOZA - EMPALME PE - 5N (LA CALZADA), TRAMO: SELVA ALEGRE - EMPALME PE - 5N (LA CALZADA)**

**INFORME N° 06 - INFORME FINAL ESTUDIO DEFINITIVO**

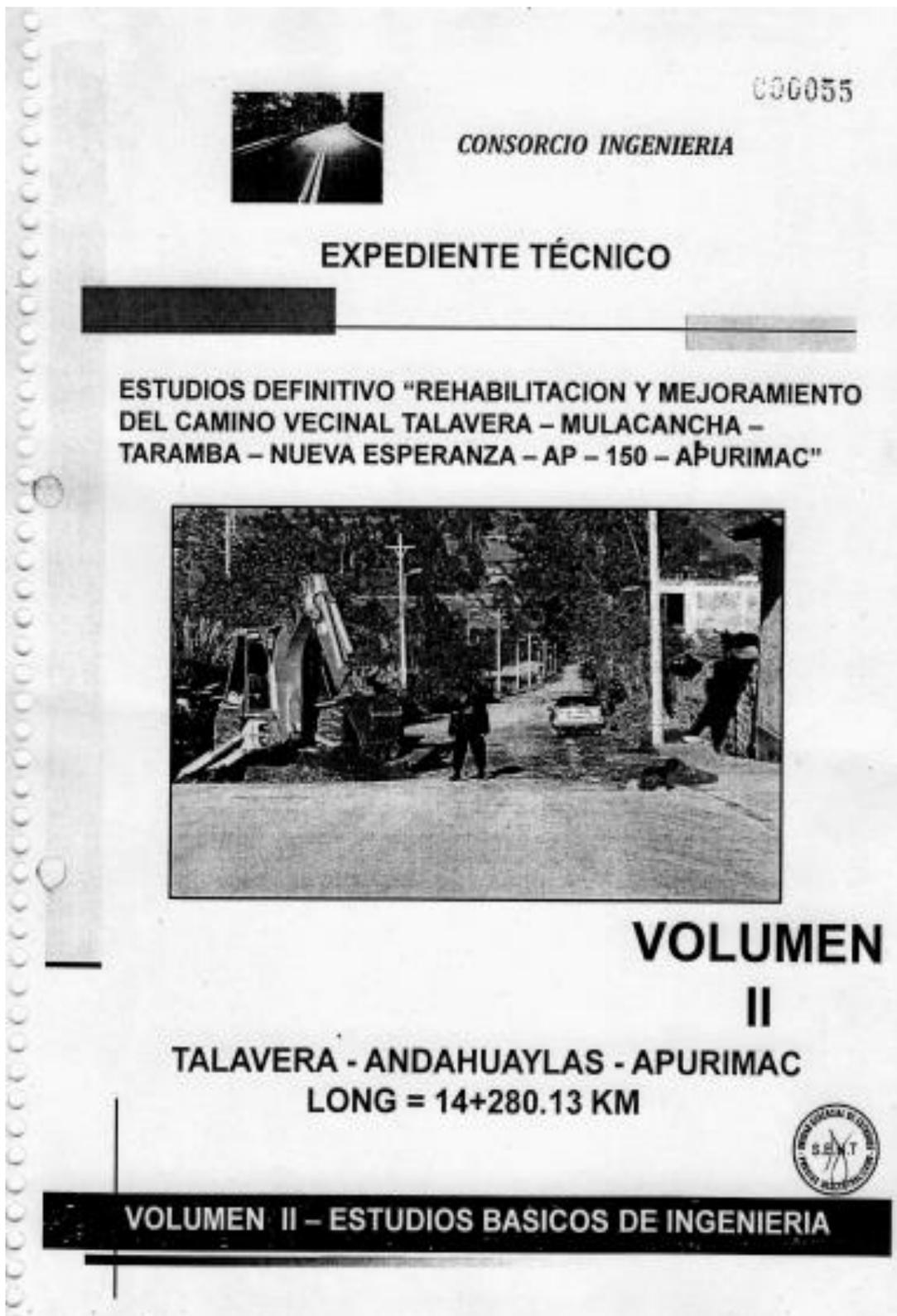
**VOLUMEN I  
MEMORIA DESCRIPTIVA Y  
ESTUDIO BASICO  
ANEXO B  
ESTUDIO DE TRAFICO Y CARGAS DE EJE**

Calle Roca de Vergaño N° 153 - Magdalena del Mar  
Teléfono: 462-4440

**JNR CONSULTORES S.A**

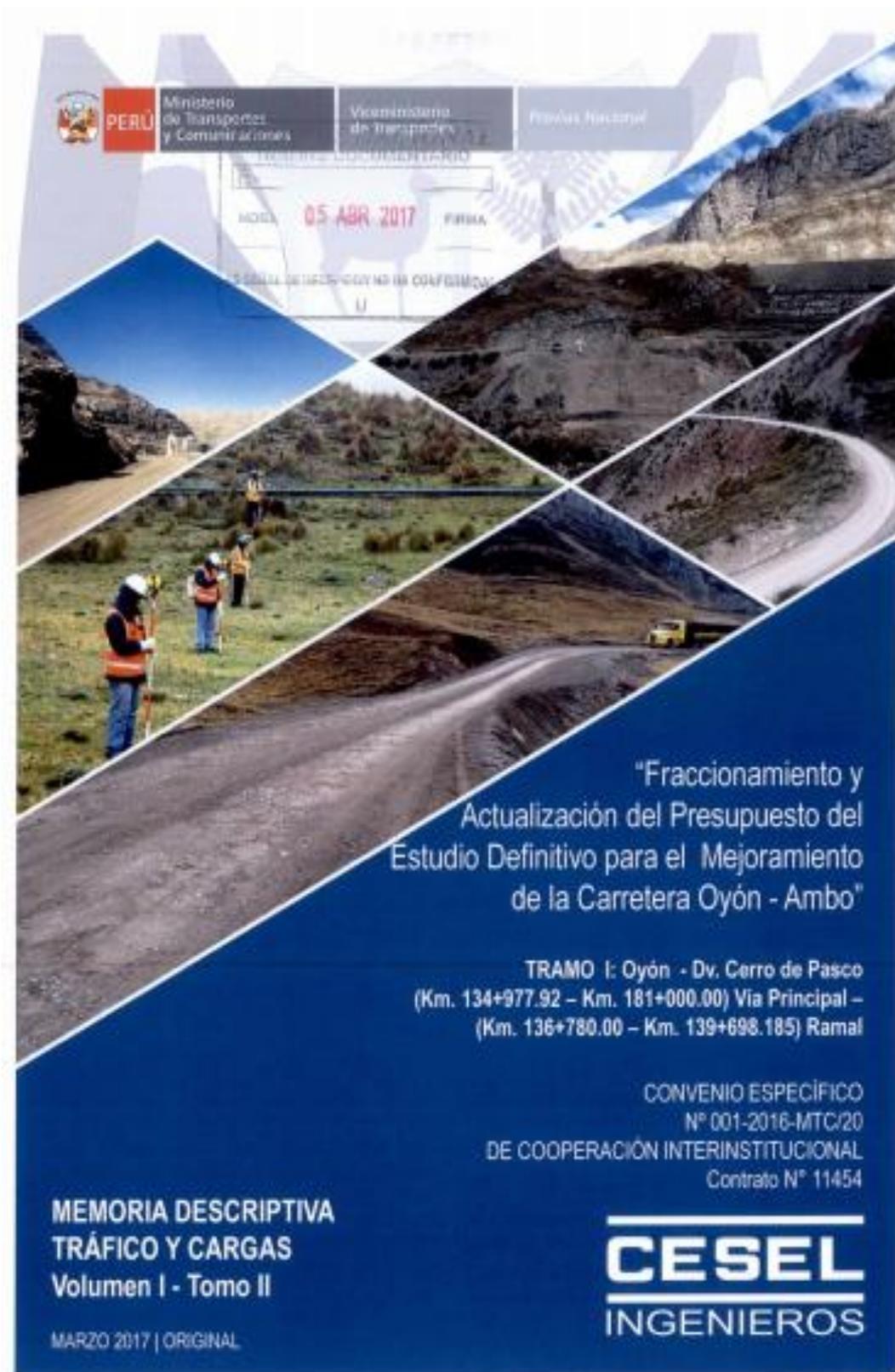
Fuente: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2014/Selva%20Alegre/Vol%20I%20Memoria%20Descriptiva%20Anexo%20B.pdf>, encontrado el 08 de agosto del 2020.

Anexo 12: Expediente técnico N° 12



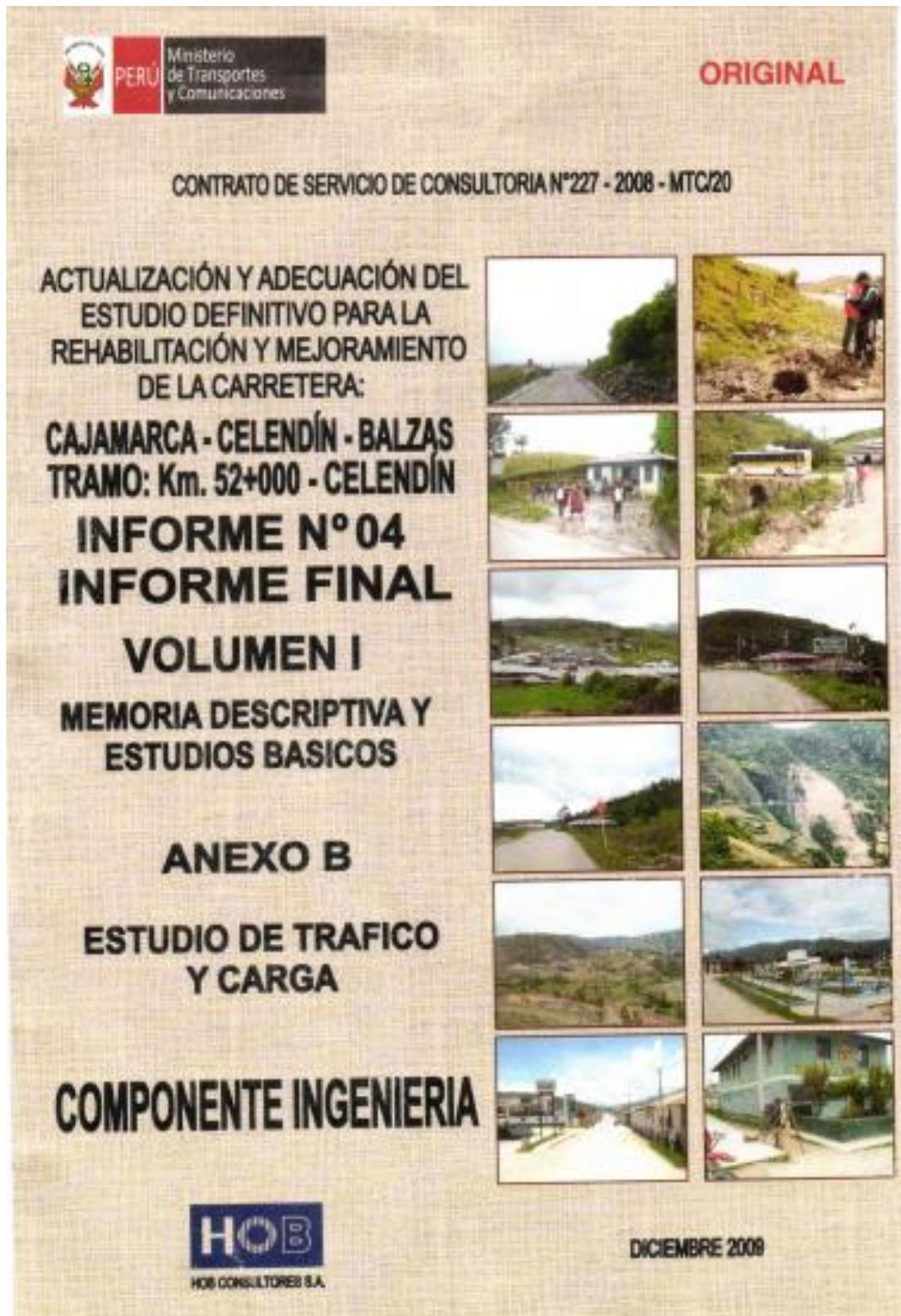
Fuente: [http://proviades.gob.pe/arch\\_ProcSelecc/Archivos/CI-30-2018-MTC21-LPN/2.03%20ESTUDIO%20DE%20TOPOGRAFIA,%20TRAZO%20Y%20DISE%C3%91O%20GEO METRICO.PDF](http://proviades.gob.pe/arch_ProcSelecc/Archivos/CI-30-2018-MTC21-LPN/2.03%20ESTUDIO%20DE%20TOPOGRAFIA,%20TRAZO%20Y%20DISE%C3%91O%20GEO METRICO.PDF), encontrado el 08 de agosto del 2020.

## Anexo 13: Expediente técnico N° 13



Fuente: [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/LP\\_02\\_2017/02%20Memoria%20Descriptivas%20Tráfico%20y%20de%20cargas.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/LP_02_2017/02%20Memoria%20Descriptivas%20Tráfico%20y%20de%20cargas.pdf), encontrado el 08 de agosto del 2020.

Anexo 14: Expediente técnico N° 14



Fuente: <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2010/LP0011-2010/Disk1/03%20Anexo%20B%20Estudio%20de%20trafico%20y%20carga.pdf>, encontrado el 08 de agosto del 2020.



## Anexo 16: Factor Camión del Manual de AASHTO

Appendix D

D-25

**Table D.21. Worksheet for Calculating 18-kip Equivalent Single Axle Load (ESAL) Applications**

Location <u>Example 1</u>		Analysis Period = <u>20</u> Years			
		Assumed SN or D = <u>9"</u>			
Vehicle Types	Current Traffic (A)	Growth Factors (B)	Design Traffic (C)	E.S.A.L. Factor (D)	Design E.S.A.L. (E)
Passenger Cars	5,925	2% 24 30	52,551,787	0008	42,041
Buses	35	24 30	310,433	6806	211,280
Panel and Pickup Trucks	1,135	24 30	10,066,882	0122	122,816
Other 2-Axle/4-Tire Trucks	3	24 30	26,609	0052	138
2-Axle/6-Tire Trucks	372	24 30	3,299,454	1890	623,597
3 or More Axle Trucks	34	24 30	301,563	1303	39,294
All Single Unit Trucks					
3 Axle Tractor Semi-Trailers	19	24 30	168,521	8646	145,703
4 Axle Tractor Semi-Trailers	49	24 30	434,606	6560	285,101
5+ Axle Tractor Semi-Trailers	1,880	24 30	16,674,660	2 3719	39,550,626
All Tractor Semi-Trailers					
5 Axle Double Trailers	103	24 30	913,559	2 3187	2,118,268
6+ Axle Double Trailers	0	24 30			
All Double Trailer Combos					
3 Axle Truck-Trailers	208	24 30	1,844,856	0152	28,042
4 Axle Truck-Trailers	305	24 30	2,705,198	0152	41,119
5+ Axle Truck-Trailers	125	24 30	1,108,688	5317	589,489
All Truck-Trailer Combos					
All Vehicles	10,193		90,406,816	Design E S A L	43,772,314

## Anexo 17: Pesos de ejes por vehículo del Manual de Austroads

### GUIDE TO PAVEMENT TECHNOLOGY PART 2: PAVEMENT STRUCTURAL DESIGN

Table 12.6: Traffic load distribution used in development of example design charts

Type of heavy vehicle	Estimated % loading	Load on axle group (kN)		
		Single axle with single tyres (SAST)	Single axle with dual tyres (SADT)	Tandem axle with dual tyres (TADT)
2-axle rigid truck	Full	52.9	83.3	
	75	49.0	68.6	
	50	44.1	53.9	
	25	39.2	39.3	
	Empty	34.3	24.5	
3-axle rigid truck	Full	52.9		147.0
	75	49.0		119.1
	50	44.1		91.1
	25	39.2		62.7
	Empty	34.3		34.3
5-axle articulated truck	Full	39.2		147.0
	75	39.2		120.1
	50	39.2		93.1
	25	39.2		66.6
	Empty	39.2		39.2
2-axle bus	Full	63.7	83.8	
	50	51.9	75.5	
	Empty	39.2	68.6	

## Anexo 18: Factor Camión del Manual de Colombia

**Tabla 2.4. Factor daño por tipo de vehículo**

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Nacional de Vías

## Anexo 19: Factor Camión del Manual de Brasil

**Tabela 56 - Fatores de veículos (Carregamentos máximos)**

Tipo	Veículo	Composição	FV USACE	FV AASHTO	ESALF	PESO TOTAL
2C	Caminhão médio	ESRS-6 + ESRD-10	3,567	2,722	2,938	16,0
3C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETD-17	8,827	1,970	3,896	23,0
4C	Caminhão Pesado	ESRS-6 + ETT-25,5	9,578	1,887	5,304	31,5
2S1	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10	6,857	5,116	5,194	26,0
2S2	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETD-17	12,116	4,364	6,152	33,0
2S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ESRD-10 + ETT-25,5	12,867	4,282	7,559	41,5
3S2	Semi-reboque	ESRS-6 + 2ETD-17	17,376	3,612	7,109	40,0
3S3	Semi-reboque	ESRS-6 + ETD-17 + ETT-22	<b>12,908</b>	<b>2,806</b>	<b>6,456</b>	<b>45,0</b>
2C2	Reboque	ESRS-6 + 3ESRD-10	10,146	7,511	7,449	36,0
2C3	Reboque	ESRS-6 + 2ESRD-10 + ETD-17	15,406	6,759	8,407	43,0
3C2	Reboque	ESRS-6 + ETD-17 + 2ESRD-10	15,406	6,759	8,407	43,0
3C3	Reboque	ESRS-6 + 2ETD-14,5 + ESRD-10	<b>10,714</b>	<b>4,422</b>	<b>6,340</b>	<b>45,0</b>
ESRS-6 – Eixo Simples com Rodagem Simples com Peso de 6 toneladas ESRD-10 – Eixo Simples com Rodagem Dupla com Peso de 10 toneladas ETD-17 – Eixo Tandem Duplo com Peso de 17 toneladas ETT-25,5 – Eixo Tandem Triplo com peso de 25,5 toneladas						

## Anexo 20: Factor Camión del Manual de South Africa

**TABLE 5** Average E80s for different heavy vehicle configurations

Vehicle type	Average E80s	Range in average E80s per vehicle found at different sites
2-axle truck	0,70	0,30 - 1,10
2-axle bus <sup>10</sup>	0,73	0,41 - 1,52
3-axle truck	1,70	0,80 - 2,60
4-axle truck	1,80	0,80 - 3,00
5-axle truck	2,20	1,00 - 3,00
6-axle truck	3,50	1,60 - 5,20
7-axle truck	4,40	3,80 - 5,00

**Anexo 21: Factor Camión del Manual de Caminos Pavimentados de bajo volumen de tránsito**

<b>Clase de vehículo</b>	<b>Eje equivalente (EE<sub>8.2 tn</sub>)</b>
Bus ( de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

## Anexo 22: Tasa de crecimiento poblacional para el año 2017.

Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017

Cuadro 07  
PERÚ: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN  
DEPARTAMENTO, 1940 - 2017  
(Porcentaje)

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	0,7
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 1/	5,2	5,7	3,7	2,7	2,0	1,2
Región Lima 2/	2,0	1,9	1,9	1,3	1,5	0,8

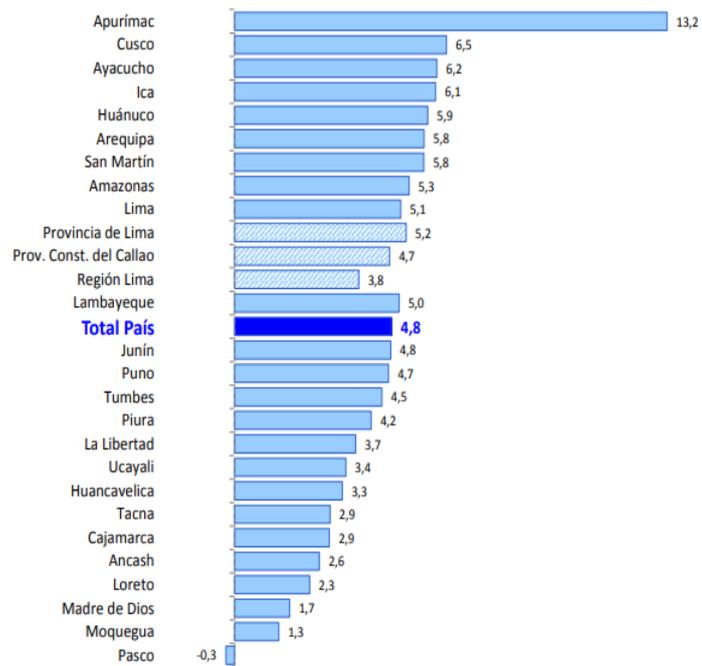
1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.

2/ Comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda.

## Anexo23: Tasa de crecimiento poblacional para el año 2017

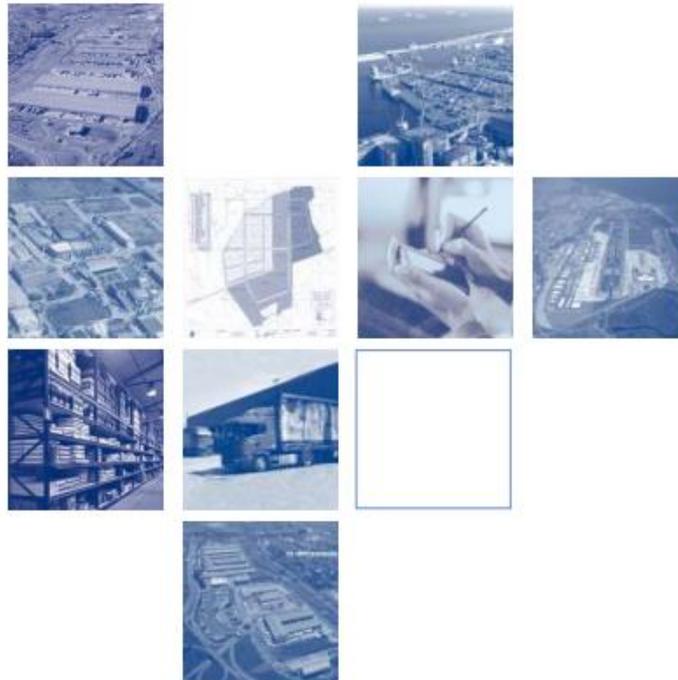
### PRODUCTO BRUTO INTERNO, SEGÚN DEPARTAMENTO: 2007 - 2018 (Tasa de crecimiento promedio<sup>1/</sup> anual)



<sup>1/</sup> Corresponde a la variación porcentual del índice de volumen físico

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

## Anexo 24: Plan intermodal de transportes del Perú 2005 – 2025



### Plan de Desarrollo de los Servicios de Logística de Transporte

#### Parte A- Diagnóstico Final Capítulo 8 - Anexos

6 de Julio 2011



## Anexo 25: Tipos de tráfico según el número de ejes equivalentes



**Cuadro 12.1**  
Número de Repeticiones Acumuladas  
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>11</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>12</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>13</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>14</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia  
Nota: T<sub>X</sub>: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño  
PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

- b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

**Cuadro 12.2**  
Número de Repeticiones Acumuladas  
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>11</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>12</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>13</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>14</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>15</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>16</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>17</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>18</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>19</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>20</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia  
Nota: T<sub>X</sub>: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño  
PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

## Anexo 26: CBR según el tipo de Subrasante

**Cuadro 12.4**  
**Categorías de Subrasante**

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 27: Ecuación para el diseño de la estructura de pavimento**

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

## Anexo 28: Ecuación para determinar el módulo de resiliencia

### ***Modulo de Resiliencia ( $M_R$ )***

El Modulo de Resiliencia es ( $M_R$ ) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

$$M_r (\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

**Anexo 29: Nivel de confiabilidad de acuerdo al tipo de tráfico**

**Cuadro 12.6**  
**Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de**  
**diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	<b>T<sub>P0</sub></b>	<b>100,000</b>	<b>150,000</b>	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	80%
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

## Anexo 30: Valores de Nivel de Confiabilidad según el tipo de tráfico

**Cuadro 12.7**  
**Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para dos etapas de diseño**  
**de 10 años cada una según rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)		
				1ERA. ETAPA (1)	2DA. ETAPA (2)	TOTAL (1) x (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,001	150,000	81%	81%	65%
	TP1	150,001	300,000	84%	84%	70%
	TP2	300,001	500,000	87%	87%	75%
	TP3	500,001	750,000	89%	89%	80%
	TP4	750 001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	TP15	>30'000,000		97%	97%	95%

## Anexo 31: Coeficiente de desviación Estándar Normal según el tipo de tráfico

**Cuadro 12.8**  
**Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)**  
**Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)**  
**Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,001	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

**Anexo 32: Índice de serviciabilidad Inicial (Pi), según el tipo de tráfico.**

**Cuadro 12.10**  
**Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)**  
**Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		4.20

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

**Anexo 33: Índice de serviciabilidad Final (Pt), según el tipo de tráfico.**

**Cuadro 12.11**  
**Índice de Serviciabilidad Final (Pt)**  
**Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	3.00

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

## Anexo 34: Número Estructural Requerido (SNR)

### ***Numero Estructural Requerido (SNR)***

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$d_1, d_2, d_3$  = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

## Anexo 35: Coeficientes estructurales de las Capas de Pavimento.

**Cuadro 12.13**  
**Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento  $a_i$**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

### Anexo 36: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES			
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	POBLACION Y MUESTRA
<p>¿Cuál es el vehículo característico, las tasas de crecimiento y de factor camión para hallar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito?</p>	<p>Analizar la clasificación vehicular y determinar el tipo de vehículo característico en caminos de bajo volumen de tránsito para hallar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos.</p>	<p>La camioneta pick up y el camión C2 son los vehículos característicos, los indicadores macroeconómicos están en el orden de 1.2% a 1.5% y el FC del camión C2 es 2.75 para determinar los parámetros de diseño geométrico y de pavimentos en caminos de bajo volumen de tránsito.</p>	<p><u>INDEPENDIENTE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo característico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos ligeros</li> <li>• Vehículos pesados</li> </ul>	<p>. Población Caminos de bajo volumen del tránsito del Perú</p>
<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo están clasificados los vehículos para determinar el vehículo característico en caminos de bajo volumen?</li> <li>• ¿Cómo influye la tasa de crecimiento poblacional y el PBI en las proyecciones del tráfico en caminos de bajo volumen??</li> <li>• c) ¿Cuál es la tendencia del Factor Camión para establecer el EAL de diseño en caminos de bajo volumen de tránsito?</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a) Clasificar los tipos de vehículos para encontrar el vehículo característico en caminos de bajo volumen.</li> <li>• Determinar la influencia de la tasa de crecimiento poblacional y del PBI para la proyección de tráfico en el diseño de caminos de bajo volumen.</li> <li>• Determinar la tendencia del factor camión para hallar el EAL de diseño en caminos de bajo volumen.</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al conocer la clasificación vehicular se identifica el bus de dos ejes y el camión C2 como vehículo característico para diseño de caminos de bajo volumen.</li> <li>• El crecimiento poblacional y el PBI tiene un crecimiento de 1.2% a 1.5% para los caminos de bajo volumen de tránsito. .</li> <li>• El FC del camión C2 es 2.75 para encontrar el EAL de diseño de acuerdo al volumen de los vehículos tipo en caminos de bajo volumen de tránsito.</li> </ul>	<p><u>DEPENDIENTE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de diseño geométrico</li> <li>- Parámetros de diseño de pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IMD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de vehículos</li> <li>• Conteo diario</li> <li>• Factores de corrección estacional</li> <li>• Tasa de crecimiento</li> </ul>	<p>. Muestra Piura, Apurímac, Ancash, Ayacucho, Junín, Pasco, Huancavelica, Ucayali, Moquegua, Tacna, Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, San Martín y Huánuco</p>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• EAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor carril</li> <li>• Factor dirección</li> <li>• Tasa de crecimiento</li> <li>• Cantidad y tipo de vehículo (factor camión)</li> </ul>	