



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO
- AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Proyecto, construcción y
mantenimiento de obras civiles con el apoyo de TICS

Presentado por:

Bachiller

Chavez Paniagua, Daniel Jesús

Orcid ID: 0000-0002-7527-9275

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Merino Yépez Milton

CUSCO – PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos:	Daniel Jesús Chavez Paniagua
Número de documento de identidad	71631982
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0002-7527-9275
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Milton Merino Yopez
Número de documento de identidad	23836204
URL de Orcid	
Datos del jurado	
Presidente del Jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Walter Roberto Alvarez Monterola
Número de documento de identidad	24660325
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Julio Benjamín Deza Cavero
Número de documento de identidad	23918608
Jurado 3	
Nombres y apellidos	José Luis Rios Rabelo
Número de documento de identidad	44982950
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Rode Luz Arohuanca Sosa
Número de documento de identidad	23922286
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Proyecto, construcción y mantenimiento de obras civiles con el apoyo de TICS



ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO,

por Daniel Jesus Chavez Paniagua

Fecha de entrega: 07-ago-2023 02:52p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2142776833

Nombre del archivo: tesis_CHAVEZ.pdf (22.39M)

Total de palabras: 63784

Total de caracteres: 314157





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO

- AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería de
transportes

Presentado por:

Chavez Paniagua, Daniel Jesús

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Merino Yépez Milton

CUSCO - PERÚ

2023





ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO,

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	archive.org Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	portal.mtc.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Daniel Jesus Chavez Paniagua
Título del ejercicio:	ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE ...
Título de la entrega:	ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE ...
Nombre del archivo:	tesis_CHAVEZ.pdf
Tamaño del archivo:	22.39M
Total páginas:	319
Total de palabras:	63,784
Total de caracteres:	314,157
Fecha de entrega:	07-ago.-2023 02:52p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega...	2142776833



Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.





Dedicatoria

A mi abnegada madre y mi amado padre



Agradecimientos

A mis profesores y amigos



Resumen

El objetivo general fue determinar las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, teniendo en cuenta los valores actuales y proyectados de ATS, PTSF y densidad. Se utilizó la siguiente metodología el tipo de investigación fue cuantitativa de nivel descriptivo con un método hipotético-deductivo bajo un enfoque secuencial y probatorio de diseño no experimental, transversal. Los instrumentos fueron los formatos de conteo vehicular mediante videograbaciones, de tiempo de viaje y mediciones de las características geométricas de la vía. La población fueron los vehículos que circularon en la carretera Cusco-Chinchero los días 07-14 julio del 2022 y la muestra se constituye por la mayor cantidad de vehículos que circularon en el área de análisis durante 15 minutos Se concluyo en diseñar una vía multicarril de un NS "B" para los tramos multicarril I, II, III y IV con una densidad de $D_o=15.36$ veh/mi a un flujo libre 23.4 mi/h. Por otro lado, en los siguientes tramos de doble carril se decidió utilizar un carril de adelantamiento con un $ATS_d: 22.65$ mi/h y $PTSF_d: 57.00\%$ generando un nivel de servicio C.

Palabras clave: Nivel de servicio, diseño geométrico, multicarril



Abstract

The general objective was to determine design options to improve the capacity of the Cusco - Chinchero Airport Road over a 10-year horizon, taking into account the current and projected values of ATS, PTSF, and density. The following methodology was used: a descriptive quantitative research design with a hypothetical-deductive approach, employing a sequential and probatory non-experimental, cross-sectional design. The data collection instruments included vehicular count formats using video recordings, travel time measurements, and geometric characteristics of the road. The population consisted of vehicles that circulated on the Cusco-Chinchero road from July 7th to July 14th, 2022, and the sample consisted of the largest number of vehicles that circulated in the analysis area for 15 minutes. The conclusion of the study was to design a multi-lane road with an NS "B" for the multi-lane sections I, II, III, and IV, with a density of $D_o=15.36$ vehicles/mile at a free flow speed of 23.4 miles/hour. Furthermore, in the following double-lane sections, it was decided to use an overtaking lane with an ATSD (Acceleration Tangential Simple) of 22.65 miles/hour and a PTSFd (Percentage of Time Spent Following in Detriment) of 57.00%, resulting in a level of service C.

Keywords: Level of service, design road, multilane

Introducción



La infraestructura vial de la ciudad del Cusco se caracteriza por ser unidimensional, convergiendo los principales ejes viarios en la ruta PE-3S, esta presenta deficiencias en el nivel de servicio, siendo para Cuentas Cárdenas et al., el tramo Arco Tica Tica – desvió a Izcuchaca un nivel de servicio “D”. Por otro lado, el tráfico atraído por el futuro Aeropuerto internacional de Chinchero Cusco (AICC), sería de 27,648 veh/día según Matamoros Huamán et al. como resultado, el corredor vial que conecta al AICC experimentará una disminución en su capacidad y nivel de servicio. Es por este motivo que se logró determinar el incremento futuro del NS. y el impacto de una vía multicarril aplicando la metodología desarrollada en el Highway capacity manual National Research Council (U.S.). TRB, n.d.-a y el trazado geométrico según el manual de diseño geométrico del MTC, 2018

Se desarrolló en el Capítulo I, la problemática del corredor vial en estudio, delimitaciones y objetivos propuestos. En el capítulo II, se hace mención al estado de arte. Luego en el capítulo III, se desarrolla la metodología e instrumentos utilizados, a continuación, en el capítulo IV se presenta los resultados del impacto de la vía multicarril en el nivel de servicio y finalmente se exponen las conclusiones y los anexos



Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	x
Índice.....	xii
Índice de Figuras	xv
Índice de Tablas	xix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	26
1.1.1. <i>Ubicación temporal y geográfica del estudio</i>	27
1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.....	29
1.2.1. <i>Problema General</i>	29
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	29
1.3.1. <i>Justificación técnica</i>	29
1.3.2. <i>Justificación social</i>	29
1.3.3. <i>Justificación de viabilidad</i>	30
1.3.4. <i>Justificación por relevancia</i>	30
1.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	30
1.4.1. <i>Geográficas</i>	30
1.4.2. <i>Conceptual</i>	31
1.4.3. <i>Delimitaciones de Datos</i>	31
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	31
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	31
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	31
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS	32
2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS	32
2.1.1. <i>Antecedentes a Nivel Nacional</i>	32
2.1.2. <i>Antecedentes a nivel Internacional</i>	38
2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....	41



2.2.1.	<i>Topografía</i>	41
2.2.2.	<i>Sistema vial</i>	42
2.2.3.	<i>Clasificación funcional de sistemas viales</i>	48
2.2.4.	<i>Tránsito vehicular</i>	54
2.2.5.	<i>Velocidad</i>	71
2.2.6.	<i>Distancia de visibilidad</i>	73
2.2.7.	<i>Medidas De Eficiencia</i>	77
2.2.8.	<i>Capacidad y nivel de servicio</i>	78
2.2.9.	<i>Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal</i>	125
2.3.	HIPÓTESIS	149
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i>	149
2.3.2.	<i>Sub-Hipótesis</i>	149
2.4.	VARIABLES E INDICADORES	150
2.4.1.	<i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	151
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		152
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	152
3.1.1.	<i>Enfoque de la investigación</i>	152
3.1.2.	<i>Nivel o alcance de la investigación</i>	152
3.1.3.	<i>Método de investigación</i>	152
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	152
3.2.1.	<i>Diseño metodológico</i>	152
3.2.2.	<i>Diseño de Ingeniería</i>	153
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	154
3.3.1.	<i>Población</i>	154
3.3.2.	<i>Muestra</i>	155
3.4.	INSTRUMENTOS.....	156
3.4.1.	<i>Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos</i>	156
3.4.2.	<i>Formato de conteo vehicular</i>	156
3.4.3.	<i>Formato de Datos geométricos</i>	157



3.4.4.	<i>Formato de velocidad</i>	158
3.4.5.	<i>Instrumentos de ingeniería</i>	158
3.4.6.	<i>Estudio de tiempo de recorrido</i>	159
3.4.7.	<i>Estudio de velocidad promedio</i>	160
3.5.	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	161
3.5.1.	<i>Recopilación de datos geométricos</i>	161
3.5.2.	<i>Aforo vehicular</i>	179
3.5.3.	<i>Estudio de tiempo de recorrido</i>	207
3.5.4.	<i>Estudio de velocidades</i>	217
3.6.	PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	231
3.6.1.	<i>Análisis de las condiciones de tránsito</i>	231
3.6.2.	<i>Análisis de tránsito proyectado</i>	247
3.6.3.	<i>Velocidad de flujo libre (FFS)</i>	256
3.6.4.	<i>Nivel de servicio</i>	261
3.6.5.	<i>Velocidad de viaje</i>	286
3.6.6.	<i>Análisis de rutas</i>	287
3.6.7.	<i>Condiciones geométricas de la alternativa seleccionada</i>	295
Capítulo IV: Resultados		307
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	307
4.2.	PRESENTACIÓN Y CONTRASTACIÓN DE SUB-HIPÓTESIS.....	307
Capítulo V: Discusión		309
4.3.	DISCUSIÓN N°1: CONTRASTE DE RESULTADOS CON REFERENTES DEL MARCO TEÓRICO:.....	309
4.4.	DISCUSIÓN N°2: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	309
5.1.	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	310
Conclusiones		310
Recomendaciones		312
Bibliografía		314
Glosario		316
Anexos		319



Índice de Figuras

Figura 1 Mapa del Dept. De Cusco.....	27
Figura 2 Mapa de la vía de estudio.....	28
Figura 3 Sistema de Coordenadas Geográficas.....	41
Figura 4 Giro mínimo para remolques simples (C2R1) trayectoria 180°.....	47
Figura 5 Carretera de dos carriles de Clase I.....	50
Figura 6 Carretera de dos carriles Clase II.....	50
Figura 7 Carretera de dos carriles Clase III.....	51
Figura 8 Metodología para alcanzar el N° de simulaciones mínimas.....	62
Figura 9 Modelo que no ha alcanzado la estabilidad en el periodo de calentamiento.....	63
Figura 10 Fases del modelo de Wiedemann.....	64
Figura 11 Cambio de carril libre.....	66
Figura 12 Comunicación entre el simulador de tráfico y el generador de estado de señal.....	67
Figura 13 Modelo de rotonda con links.....	69
Figura 14 Modelamiento de una red de tráfico.....	71
Figura 15 Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad.....	76
Figura 16. Densidad o concentración.....	78
Figura 17 Flujograma de metodología del HCM 2016 para carreteras de dos carriles.....	84
Figura 18 Flujograma de metodología para vías multicarril.....	106
Figura 19 Curva velocidad-flujo para una vía multicarril.....	110
Figura 20 Efecto operacional del carril de adelantamiento sobre el PTSF.....	119
Figura 21 Longitud afectada por carriles de adelantamiento.....	120
Figura 22 Longitudes optimas de carril de adelantamiento.....	121
Figura 23 Efectos del carril de adelantamiento en PTSF.....	122
Figura 24 Factor de ajuste por el impacto de carriles de adelantamiento en PTSF.....	122
Figura 25 Impacto en el carril de adelantamiento en ATS.....	124
Figura 26 Factor de ajuste por el efecto de un carril de adelantamiento.....	125
Figura 27 Curva horizontal.....	126
Figura 28 Relación peralte 8%.....	127



<i>Figura 29</i> Peralte en zonas urbanas 4%max.....	129
<i>Figura 30</i> Relación de radios-autopistas y carreteras de Primera clase.....	130
<i>Figura 31</i> Alineamiento de entrada y salida de la curva de vuelta.....	132
<i>Figura 32</i> Representación de transición de bombeo a peralte.....	133
<i>Figura 33</i> Longitud de transición (tangente-curva circular).....	134
<i>Figura 34</i> Longitud de transición de curvas circulares en civil 3D.....	134
<i>Figura 35</i> Longitud de transición curva-tangente-curva.....	135
<i>Figura 36</i> Longitud de transición (espiral-tangente-espiral).....	135
<i>Figura 37</i> Longitud de transición con curvas de transición.....	136
<i>Figura 38</i> Comparación de transición de peralte en curvas S.....	137
<i>Figura 39</i> Distribución del sobreechanco en los sectores de transición y circular.....	139
<i>Figura 40</i> Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales	142
<i>Figura 41</i> Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales	145
<i>Figura 42</i> Peralte en bermas.....	146
<i>Figura 43</i> Bermas revestidas y sin revestir >1.20 m.....	146
<i>Figura 44</i> Tratamiento de taludes tipo.....	148
<i>Figura 45</i> Flujograma de diseño de ingeniería.....	153
<i>Figura 46</i> Flujograma de diseño geométrico en Civil 3D.....	153
<i>Figura 47</i> Ubicación de puntos de muestreo.....	161
<i>Figura 48</i> Topografía general.....	162
<i>Figura 49</i> Análisis de elevaciones.....	162
<i>Figura 50</i> Verificación de ancho de plataforma Av. Grau.....	163
<i>Figura 51</i> Verificación de ancho de plataforma Av. Antonio Lorena.....	163
<i>Figura 52</i> Ubicación de semáforos.....	208
<i>Figura 53</i> Ubicación de semáforos.....	208
<i>Figura 54</i> Ubicación de los puntos de muestra.....	218
<i>Figura 55</i> Variación diaria del volumen A1 Cusco-Chincho.....	238
<i>Figura 56</i> Variación diaria del volumen A1 Chincho-Cusco.....	239
<i>Figura 57</i> Variación diaria del volumen A2 Cusco-Chincho.....	239



<i>Figura 58</i> Variación diaria del volumen A2 Chinchero-Cusco.....	239
<i>Figura 59</i> Flujo crítico viernes A1 Cusco-Chinchero	240
<i>Figura 60</i> Flujo crítico sábado A1 Chinchero- Cusco	240
<i>Figura 61</i> Flujo crítico sábado A2 Cusco-Chinchero	240
<i>Figura 62</i> Flujo crítico domingo A2 Chinchero - Cusco.....	241
<i>Figura 63</i> Composición vehicular estación A1 Hacia Chinchero	241
<i>Figura 64</i> Composición vehicular estación A1 Hacia Cusco.....	241
<i>Figura 65</i> Composición vehicular estación A2 Hacia Chinchero.....	242
<i>Figura 66</i> Composición vehicular estación A2 Hacia Cusco.....	242
<i>Figura 67</i> Ligeros vs pesados estación A1 Hacia Chinchero.....	242
<i>Figura 68</i> Ligeros vs pesados estación A1 Hacia Cusco.....	243
<i>Figura 69</i> Ligeros vs pesados estación A2 Hacia Chinchero.....	243
<i>Figura 70</i> Ligeros vs pesados estación A2 Hacia Cusco.....	243
<i>Figura 71</i> Resumen de conteo vehicular estación 01	245
<i>Figura 72</i> Resumen de conteo vehicular tramo Chinchero – Cachimayo	245
<i>Figura 73</i> Distribución de vehículos	249
<i>Figura 74</i> Frecuencia de velocidad sentido Cusco - Chinchero	257
<i>Figura 75</i> Curva de Frecuencia acumuladas de velocidad sentido Cusco - Chinchero	257
<i>Figura 76</i> Frecuencia de velocidad sentido Chinchero - Cusco	258
<i>Figura 77</i> Curva de Frecuencia acumuladas de velocidad sentido Chinchero - Cusco	259
<i>Figura 78</i> Puntos de acceso en el sector I.....	263
<i>Figura 79</i> Alternativa 01 de intercambiador entre PE-3S y PE-28F.....	284
<i>Figura 80</i> Ruta 01	290
<i>Figura 81</i> Ruta 02.....	291
<i>Figura 82</i> Ruta 02.....	291
<i>Figura 83</i> Trazado en planta del túnel.....	292
<i>Figura 84</i> Desvío de la Av. Grau hacia la Av. Ejército	292
<i>Figura 85</i> Ruta 03.....	293
<i>Figura 86</i> Ingreso a la ruta PE-28J.....	294



<i>Figura 87 Pase a desnivel en Km 11+250.....</i>	<i>294</i>
<i>Figura 88 Parámetros mínimos para los tramos de diseño.....</i>	<i>297</i>
<i>Figura 89 Características técnicas de la propuesta 01.....</i>	<i>299</i>
<i>Figura 90 Elementos de curvas hasta el km 5+135.....</i>	<i>300</i>
<i>Figura 91 Elementos de curvas verticales.....</i>	<i>301</i>
<i>Figura 92 Sección transversal del 0+000 – 13+445.....</i>	<i>302</i>
<i>Figura 93 Sección transversal del 13+445 – 26+991.....</i>	<i>302</i>
<i>Figura 94 Sección transversal del 0+186.98 – 0+258.18.....</i>	<i>303</i>
<i>Figura 95 Sección transversal del 0+186.98 – 0+258.18.....</i>	<i>304</i>
<i>Figura 96 Alternativa 01 de intercambiador entre PE-3S y PE-28F.....</i>	<i>305</i>



Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i> Parámetros Sistema Geodésico GRS80.....	42
<i>Tabla 2</i> Tolerancias para trabajos de levantamiento topográfico.....	42
<i>Tabla 3</i> Vehículos de diseño	46
<i>Tabla 4</i> Radios máximos/mínimos y ángulos	47
<i>Tabla 5</i> Clasificación orografía.....	54
Tabla 6 Tasa anual departamental del PBI.....	57
Tabla 7 Tasa de crecimiento de la población por departamento.....	58
<i>Tabla 8</i> Construcción de red en VISSIM.....	69
<i>Tabla 9</i> Rangos de Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	73
<i>Tabla 10</i> Distancia de visibilidad de parada	74
Tabla 11 Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos	75
Tabla 12 Medidas de eficacia para la definición de nivel de servicio.....	77
Tabla 13 Factor de conversión.....	85
Tabla 14 Datos de entrada necesarios por el HCM 2016 en carreteras de dos carriles.....	85
Tabla 15 Factores de ajuste por la pendiente (ATS) en terreno general o descensos específicos.....	87
Tabla 16 Factor de ajuste por la pendiente para (ATS) en ascensos específicos	88
Tabla 17 Factor de equivalencia de vehículos pesados y recreacionales en terreno general y descensos específicos para ATS.....	90
Tabla 18 Factor de equivalencia de vehículos recreacionales (E_R) en ascensos específicos para ATS.....	90
Tabla 19 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_T) en ascensos específicos para ATS.....	91
Tabla 20 Factor de equivalencia para camiones en descenso que operan a velocidad lenta E_{TC}	93
Tabla 21 Factores de ajuste por zonas de no rebase para ATS ($F_{np,ATS}$)	94
Tabla 22 Factor de ajuste por la pendiente en terreno general y descensos específicos para PTSF.....	97
Tabla 23 Factor de ajuste por la pendiente en ascensos específicos para PTSF	97
Tabla 24 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_t) y recreacionales (E_r) para (PTSF) en terreno general y descensos específicos	98
Tabla 25 Factor de equivalencia de vehículos recreacionales (E_T) en ascensos específicos para PTSF en ascensos	99



Tabla 26 Coeficiente para determinar la base de PTSF.....	100
Tabla 27 Factor de Ajuste por zona de no adelantamiento para PTSF.....	102
Tabla 28 Nivel de servicio en carreteras de dos carriles	104
Tabla 29 Datos de entrada necesarios por el HCM 2016 en carreteras multicarril.....	107
Tabla 30 Ajuste por ancho de carril f_{LW}	108
Tabla 31 Ajuste por distancia de obtáculos laterales autopista de cuatro carriles.....	109
Tabla 32 Ajuste por densidad de puntos de acceso f_A	110
Tabla 33 Ecuaciones que describen las curvas velocidad-flujo	111
Tabla 34 Máximo flujo de servicio bajo condiciones base	112
Tabla 35 Factores de equivalencia de vehículos ligeros por tipo de terreno	113
Tabla 36 Factor de equivalencia para vehículos pesados (E_T) en ascenso	113
Tabla 37 Factor de equivalencia para vehículos recreativos (E_R) en ascenso	114
Tabla 38 Factores de equivalencia para vehículos (E_t) pesado en descensos específicos	116
Tabla 39 Capacidad en carreteras multicarril.....	117
Tabla 40 Nivel de servicio en vías multicarril	118
Tabla 41 Longitudes de tramos en tangente	125
Tabla 42 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras	126
Tabla 43 Ecuaciones de relación peralte, radio y velocidad, peralte en zona (Tipo 1, 2 o 3).....	128
Tabla 44 Ecuaciones de relación peralte, radio y velocidad en cruce de áreas urbanas.....	129
Tabla 45 Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.....	131
Tabla 46 Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado.....	132
Tabla 47 Valores de índice K para el cálculo de LCV.....	140
Tabla 48 Anchos mínimos de calzada en tangente.....	143
Tabla 49 Anchos de bermas	144
Tabla 50 Valores del bombeo de la calzada	147
Tabla 51 Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido.....	147
Tabla 52 Anchos mínimos de derecho de vía	147
Tabla 53 Valores referenciales para taludes en corte (relación $H:V$).....	148
Tabla 54 Valores referenciales en zonas de relleno (terraplenes).....	149



<i>Tabla 55 Operacionalización de variables.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 56 Formato de conteo vehicular.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 57 Formato de recopilación de datos del aforo vehicular.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 58 Formato de datos geométricos</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 59 Formato de tiempos de recorrido.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 60 Formato de velocidad puntual.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 61 Instrumentos de ingeniería</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 62 Datos geométricos tramo 01.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 63 Datos geométricos tramo 02.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 64 Datos geométricos tramo 03.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 65 Datos geométricos tramo 04.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 66 Datos geométricos tramo 05.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 67 Datos geométricos tramo 06.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 68 Datos geométricos tramo 07.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 69 Datos geométricos tramo 08.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 70 Datos geométricos tramo 09.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 71 Aforo vehicular estación A1 - lunes mañana - hacia Chinchero.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 72 Aforo vehicular estación A1 - lunes tarde - hacia Chinchero</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 73 Aforo vehicular estación A1 – martes mañana – hacia Chinchero</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 74 Aforo vehicular estación A1 – martes tarde – hacia Chinchero.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 75 Aforo vehicular estación A1 – miércoles mañana – hacia Chinchero.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 76 Aforo vehicular estación A1 – miércoles tarde – hacia Chinchero.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 77 Aforo vehicular estación A1 – jueves mañana – hacia Chinchero.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 78 Aforo vehicular estación A1 –jueves tarde – hacia Chinchero</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 79 Aforo vehicular estación A1 –viernes mañana – hacia Chinchero.....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 80 Aforo vehicular estación A1 –viernes tarde – hacia Chinchero.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 81 Aforo vehicular estación A1 – sábado mañana – hacia Chinchero.....</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 82 Aforo vehicular estación A1 – sábado tarde – hacia Chinchero.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 83 Aforo vehicular estación A1 – domingo mañana – hacia Chinchero.....</i>	<i>191</i>



<i>Tabla 84</i> Aforo vehicular estación A1 – domingo tarde – hacia Chinchero.....	192
<i>Tabla 85</i> Aforo vehicular estación A1 – lunes mañana – hacia Cusco	193
<i>Tabla 86</i> Aforo vehicular estación A1 – lunes tarde – hacia Cusco.....	194
<i>Tabla 87</i> Aforo vehicular estación A1 – martes mañana – hacia Cusco.....	195
<i>Tabla 88</i> Aforo vehicular estación A1 – martes tarde – hacia Cusco	196
<i>Tabla 89</i> Aforo vehicular estación A1 – miércoles mañana – hacia Cusco	197
<i>Tabla 90</i> Aforo vehicular estación A1 – miércoles tarde – hacia Cusco.....	198
<i>Tabla 91</i> Aforo vehicular estación A1 – jueves mañana – hacia Cusco.....	199
<i>Tabla 92</i> Aforo vehicular estación A1 – jueves tarde – hacia Cusco	200
<i>Tabla 93</i> Aforo vehicular estación A1 – viernes mañana – hacia Cusco	201
<i>Tabla 94</i> Aforo vehicular estación A1 – viernes tarde – hacia Cusco.....	202
<i>Tabla 95</i> Aforo vehicular estación A1 – sábado mañana – hacia Cusco	203
<i>Tabla 96</i> Aforo vehicular estación A1 – sábado tarde – hacia Cusco.....	204
<i>Tabla 97</i> Aforo vehicular estación A1 – domingo mañana – hacia Cusco.....	205
<i>Tabla 98</i> Aforo vehicular estación A1 – domingo tarde – hacia Cusco	206
<i>Tabla 99</i> Tiempos semafóricos	207
<i>Tabla 100</i> Formato de tiempos de recorrido.....	209
<i>Tabla 101</i> Formato de tiempos de recorrido.....	210
<i>Tabla 102</i> Formato de tiempos de recorrido.....	210
<i>Tabla 103</i> Formato de tiempos de recorrido.....	211
<i>Tabla 104</i> Tiempo de recorrido vuelta 01	213
<i>Tabla 105</i> Tiempo de recorrido vuelta 02	214
<i>Tabla 106</i> Tiempo de recorrido vuelta 03	215
<i>Tabla 107</i> Tiempo de recorrido vuelta 04	216
<i>Tabla 108</i> Tiempo de recorrido acumulado	217
<i>Tabla 109</i> Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero.....	218
<i>Tabla 110</i> Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco.....	224
<i>Tabla 111</i> Flujo vehicular estación A1 Cusco-Chinchero.....	231
<i>Tabla 112</i> Flujo vehicular estación A1 Chinchero-Cusco.....	232



<i>Tabla 113</i> Flujo vehicular estación A2 Cusco-Chincheró.....	234
<i>Tabla 114</i> Flujo vehicular estación A2 Chincheró-Cusco.....	235
<i>Tabla 115</i> Resumen de la tasa de flujo crítica.....	237
<i>Tabla 116</i> Volumen horario de máxima demanda.....	237
<i>Tabla 117</i> Composición de vehículos ligeros.....	237
<i>Tabla 118</i> Composición de vehículos pesado.....	238
<i>Tabla 119</i> Resumen de composición vehicular crítica.....	238
<i>Tabla 120</i> Volumen de vehículos ligeros y pesados.....	238
<i>Tabla 121</i> Resumen de flujo vehicular en estación 01.....	244
<i>Tabla 122</i> Resumen de flujo vehicular en el tramo PE-3S Cachimayo.....	245
<i>Tabla 123</i> Tránsito futuro estación A1.....	247
<i>Tabla 124</i> Transito futuro por el VHMD en la estación A1.....	248
<i>Tabla 125</i> Transito futuro por el VHMD en la estación A2.....	249
<i>Tabla 126</i> Transito futuro por el VHMD.....	249
<i>Tabla 127</i> Resumen de conteo AAVA.....	249
<i>Tabla 128</i> IMDA proyectado.....	250
<i>Tabla 129</i> Demanda horaria de tráfico generado por el AICC 2023.....	251
<i>Tabla 130</i> Demanda horaria de tráfico generado por el AICC 2033.....	251
<i>Tabla 131</i> Distribución del tráfico del AICC por destino.....	252
<i>Tabla 132</i> Distribución del tráfico en el eje viario Cusco-Chincheró en el horizonte 2023.....	252
<i>Tabla 133</i> Distribución del tráfico en el eje viario Cusco-Urubamba en el horizonte 2033.....	253
<i>Tabla 134</i> Composición de vehículos generados 2023.....	254
<i>Tabla 135</i> Composición de vehículos generados 2033.....	254
<i>Tabla 136</i> Distribución de viajes en el año 2023.....	254
<i>Tabla 137</i> Distribución de viajes en el año 2033.....	255
<i>Tabla 138</i> Transito generado en el año 2023, hacia Cusco.....	255
<i>Tabla 139</i> Transito generado en el año 2033, hacia Cusco.....	255
<i>Tabla 140</i> Transito proyectado Hacia Cusco 2023.....	255
<i>Tabla 141</i> Transito proyectado Hacia Cusco 2033.....	256



<i>Tabla 142</i> Número de intervalos de clase por tamaño de muestra.....	256
<i>Tabla 143</i> Distribución de frecuencia sentido Cusco-Chincheró	256
<i>Tabla 144</i> Estadísticos descriptivos - dispersión de velocidades sentido Cusco - Chincheró.....	257
<i>Tabla 145</i> Distribución de frecuencia sentido Chincheró – Cusco	258
<i>Tabla 146</i> Estadísticos descriptivos - dispersión de velocidades sentido Cusco – Chincheró	258
<i>Tabla 147</i> Resumen estadístico de velocidades	259
<i>Tabla 148</i> Constante correspondiente al nivel de confiabilidad	260
<i>Tabla 149</i> Transito proyectado Hacia Cusco 2023	261
<i>Tabla 150</i> Cálculo de la velocidad media FFS.....	264
<i>Tabla 151</i> Valores para determinar el máximo flujo de servicio.....	264
<i>Tabla 152</i> Cálculo de los factores de ajuste	265
<i>Tabla 153</i> Cálculo del $E_R \blacktriangle$ ascenso	266
<i>Tabla 154</i> Cálculo del $E_R \blacktriangle$ ascenso	266
<i>Tabla 155</i> Cálculo del f_{HV}	266
<i>Tabla 156</i> Cálculo del Número de carriles.....	267
<i>Tabla 157</i> Cálculo de los volúmenes de demanda ajuste	267
<i>Tabla 158</i> Cálculo de la densidad	268
<i>Tabla 159</i> Cálculo de la densidad	268
<i>Tabla 160</i> Cálculo del $f_{g,ATS}$	269
<i>Tabla 161</i> Cálculo del $f_{HV,ATS}$	270
<i>Tabla 162</i> Cálculo del v_i, ATS	270
<i>Tabla 163</i> Cálculo del $ATSd$	271
<i>Tabla 164</i> Cálculo del $f_g, PTSF i$	272
<i>Tabla 165</i> Cálculo del $f_i HV, PTSF$	272
<i>Tabla 166</i> Cálculo del $v_i, PTSF$	272
<i>Tabla 167</i> Cálculo del $PTSFd$	273
<i>Tabla 168</i> Cálculo del $ATSd$	274
<i>Tabla 169</i> Cálculo del nivel de servicio.....	274
<i>Tabla 170</i> Cálculo de la capacidad.....	275



<i>Tabla 171 Resumen del nivel de servicio</i>	<i>275</i>
<i>Tabla 172 Transito proyectado 2033.....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 173 Nivel de servicio para los tramos multicarril 2033</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 174 Nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033.....</i>	<i>279</i>
<i>Tabla 175 Datos para determinar el nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033.....</i>	<i>283</i>
<i>Tabla 176 Cálculo del tiempo usado viajando en colas ($PTSF_{pl}$).....</i>	<i>285</i>
<i>Tabla 177 Velocidad de recorrido.....</i>	<i>286</i>
<i>Tabla 178 Valores del inverso del coeficiente de tracción</i>	<i>288</i>
<i>Tabla 179 Composición de las posibles rutas.....</i>	<i>289</i>
<i>Tabla 180 Longitud resistente, Cusco → Chinchero (ida)</i>	<i>295</i>
<i>Tabla 181 Longitud resistente, Chinchero→ Cusco (vuelta).....</i>	<i>295</i>
<i>Tabla 182 Longitud resistente, resumen</i>	<i>295</i>



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Problemática

En la actualidad, la ciudad del Cusco ha experimentado un fuerte crecimiento en términos de población y servicios, lo que ha afectado la movilidad urbana. La infraestructura vial de la ciudad se caracteriza por ser unidimensional, lo que ha generado la concentración de las principales vías en una orientación longitudinal al valle. Como resultado, se han identificado tres ejes viarios principales: la Av. de la Cultura, la Vía Expresa y la Vía de Evitamiento, Estas últimas convergen en el óvalo Libertadores, que conecta con el corredor conformado por la Av. 28 de Julio, óvalo Pachacútec, Alameda Pachacútec, óvalo Chambi, Av. Agustín Gamarra, prolongación de la Av. Grau, Av. Antonio Lorena.

En la actualidad, la Av. Antonio Lorena presenta severas deficiencias en cuanto al nivel de servicio que brinda, debido a la presencia de tramos con sección reducida a 2 carriles, siendo el primero de ellos en el Km 5+000 sin estabilización de taludes y el segundo en el Km 15+000 con un deterioro estructural grave. A estas deficiencias se suman la falta de cumplimiento del planeamiento urbano, la ausencia de diseño de intersecciones y la negligente e irresponsable actitud de algunos dueños de negocios y usuarios que congestionan e interrumpen el tráfico en la zona. Además, la falta de intervención de la policía de tránsito en esta importante vía agrava la situación.

Por otro lado, el tráfico atraído por el Aeropuerto Velazco Astete es de según en este contexto según (ALG Transportation Infrastructure & Logistic, 2013) (ALG Transportation Infrastructure & Logistic, 2013)), p20, el aeropuerto internacional Velasco Astete (AIVA) podría llegar a tener una capacidad práctica cercana a los 4.0 (Mpax) millones de pasajeros y a partir del 2023, comenzaría a estar totalmente saturado. Además, según (ALG Transportation Infrastructure & Logistic, 2013), p22 “El AICC tendrá una capacidad practica de 5 Mpax, para el año 2025”.



1.1.1. Ubicación temporal y geográfica del estudio

La investigación se encuentra enmarcada geográficamente

Departamento : Cusco

Provincia : Cusco y Urubamba

Distritos : Chinchero, Santiago, Wánchaq

Figura 1 Mapa del Dept. De Cusco



Fuente: https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ALACPA11/DIA%20%20-207_NUEVO%20AEROPUERTO%20DE%20CUSCO%20ALACPA%202014.pdf



Figura 2 Mapa de la vía de estudio



Fuente: Elaboración propia

El AICC se localiza en el distrito de Chinchoero a 28+764.23 Km por carretera de la ciudad del Cusco.

- Inicio del tramo: Av. Grau a 3280 msnm
UTM: S 8'503,028.72 – E 177,666.51 19L
- Final del tramo: Centro poblado de Loraypo a 3712 m.s.n.m.
UTM: S 8'516,529.56 – E 819,186.07 18L



1.2. Formulación interrogativa del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, teniendo en cuenta los valores actuales y proyectados de ATS, PTSF y densidad?

Problemas Específicos

- PE 1. ¿Cuáles son los valores actuales de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero?
- PE 2. ¿Cuáles serán los valores en un horizonte de 10 años de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero?
- PE 3. ¿Qué alternativas de diseño existen para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

La investigación que se llevó a cabo tiene como objetivo servir de guía para determinar el nivel de servicio en una vía utilizando la metodología HCM 2016. Se realizó un estudio comparativo de los valores de velocidad obtenidos mediante los métodos de recolección de datos de vehículo flotante y velocidad puntual, demostrando diferencias significativas entre ambas metodologías. Además, se llevó a cabo el diseño geométrico de la vía en cuestión para asegurar su correcta funcionalidad y seguridad. La investigación es de gran importancia para los ingenieros de transporte y para las autoridades encargadas del mantenimiento de las vías, ya que permite determinar el nivel de servicio y realizar mejoras en el diseño y operación de la vía.

1.3.2. Justificación social

Cusco es considerada como una región con bajo índice de desarrollo humano, lo cual se refuerza con el hecho de que el 49.5% de su población se encuentra en condiciones de pobreza (séptima región con una tasa más alta de pobreza en el país) según el instituto nacional de estadística



2018.

En tal sentido, la infraestructura vial es un factor fundamental con el fin de consolidar el crecimiento sustentable y aprovechar las ventajas comparativas, traduciéndose en una mejora en la distribución de ingresos, y por consiguiente en la reducción de la pobreza.

Por lo que la investigación presenta un sustento técnico para detallar la calidad de servicio del tramo de estudio, pudiendo servir para un futuro estudio de costo-efectividad

1.3.3. Justificación de viabilidad

La investigación fue viable debido a que se llevó a cabo con el adecuado manejo de los recursos disponibles, incluyendo el tiempo y el presupuesto asignado. Además, se obtuvo la información pertinente y necesaria para lograr los objetivos de la investigación de manera efectiva. La gestión adecuada de estos recursos permitió que se obtuvieran resultados significativos y útiles, lo que a su vez contribuyó al éxito general de la investigación.

1.3.4. Justificación por relevancia

El proyecto se alineó con la visión del plan actual de desarrollo urbano, que incluye un programa de inversión en movilidad con el objetivo de conectar de manera efectiva el departamento de Cusco. Dado que el número de turistas que visitan la región es significativamente mayor que la capacidad actual del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete, que es el principal destino turístico del país, con más de 3.3 millones de visitantes solo en el año 2017. (Banco Central de Reserva del Peru, 2017)

1.4. Delimitaciones de la investigación

1.4.1. Geográficas

Esta iniciativa se enfoca en establecer una conexión directa entre la ciudad de Cusco y el aeropuerto de Chinchero, ubicado en el mismo departamento, considerando las condiciones existentes al momento de su publicación.



1.4.2. Conceptual

El procedimiento metodológico se encuentra limitado a la guía TRB, el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

1.4.3. *Delimitaciones de Datos*

Dado que no se contaba con una base de datos de tráfico y velocidad de marcha a nivel semanal, mensual o anual, la investigación se limitó a los datos recopilados durante el periodo de recolección de información. No obstante, se debe destacar que existen estudios previos sobre el tramo de carretera en cuestión realizados por Cuentas, Mario y Ayala, Julio. En estos estudios se determinó el nivel de servicio de la vía PE-3S, específicamente en el tramo Arco Tica Tica-Izcuchaca, utilizando el manual HCM 2010.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Determinar las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, teniendo en cuenta los valores actuales y proyectados de ATS, PTSF y densidad.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE 1. Determinar los valores actuales de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero.

OE 2. Determinar los valores en un horizonte de 10 años de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero.

OE 3. Identificar y evaluar las diferentes alternativas de diseño geométrico existen para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Título : “Estudio de impacto vial del aeropuerto internacional de Chinchero en la carretera Chinchero- Urubamba de acuerdo con la metodología HCM 2010”

Autor : Vicente Vargas, Eric & Vicente Vargas, Víctor

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2019, Cusco

Resumen

El objetivo del proyecto de investigación fue caracterizar el nivel de servicio actual y futuro de la vía Chinchero – Urubamba realizando un aforo vehicular durante una semana en el km 2+900 frente a la municipalidad de Chinchero y la segunda estación en el paradero Mara-Moray el cual resulto con un nivel de servicio de “D” hacia Urubamba y “E” hacia Cusco. Así mismo se planteó una vía de cuatro carriles con separador central para cubrir la demanda futura incluyendo el transito atraído por el AICC resultando en un nivel de servicio de “B”

Aporte al tema de investigación

Para este estudio se tomaron en cuenta los aforos realizados en el tramo de la vía que conecta el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete con el futuro Aeropuerto Internacional de Chinchero (AICC), considerando la propuesta multicarril como una alternativa viable para mejorar la conectividad entre ambos puntos. Se empleó la definición planteada por el Plan de Inversión Pública (PIP) del aeropuerto de Chinchero para determinar la demanda y oferta de pasajeros que generaría el nuevo aeropuerto, así como el volumen vehicular en el día de máxima demanda, lo que permitió estimar el tráfico generado y evaluar el impacto de esta nueva infraestructura a largo plazo, en un horizonte de 10 años.

Diferencias al tema de investigación



Los autores consideraron la implementación de un carril de adelantamiento en la vía entre Chinchero y Ollantaytambo, pero encontraron que esta medida no mejoraba el nivel de servicio. En cambio, propusieron una vía multicarril en el mismo tramo, la cual sí mejoraría el nivel de servicio. No obstante, los autores no llevaron a cabo una simulación para verificar si las velocidades previstas en su propuesta se cumplirían en el futuro. Además, debido a las condiciones orográficas de la zona, se requieren de curvas de volteo más amplias para una velocidad del flujo vehicular según el DG-2018. Por otro lado, en la investigación que realicé, abordo la comprobación de estas velocidades en el tramo crítico y el diseño geométrico de la autopista en la vía entre Cusco y el aeropuerto de Chinchero simulando escenarios futuros.

Título : “Diseño de la nueva carretera de acceso al Aeropuerto Internacional de Chinchero-Cusco”

Autor : Ugarte Hernández, Antonio de Jesús

Institución : Universidad Nacional de ingeniería

Lugar y fecha : 2016, Lima

Resumen

La carretera de acceso al Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco, que inicia a la altura del Km. 13+600 (Km. 0+000) de la Ruta PE-3S (Cusco-Urubamba) y finaliza en el empalme a la altura del Km. 22+800 (Km. 7+457) de la Ruta PE-3S. Esta nueva autopista servirá tanto como evitamiento de la ciudad de Chinchero, así como de acceso al nuevo Aeropuerto; a su vez, discurre por terrenos de orografía predominantemente ondulada. Cabe indicar que para la construcción de este tramo se han de realizar diversas afectaciones a predios agrícolas.

la carretera para proyectar será una autopista de Segunda clase, de 2 calzadas de 7.2m de ancho; cada una de dos carriles con una berma central de 2m. Se emplearán cunetas triangulares y rectangulares de concreto, en los sectores de corte a media ladera y cortes cerrados como también en los sectores con talud de relleno, respectivamente.



Se realiza el diseño de pavimento con espesores de capeta asfáltica, base granular y subbase granular de 10,15 y 30 cm siendo el SN propuesto de 3.34 y el requerido de 3.01.

Así mismo se realizó el diseño de drenaje siendo el caudal crítico de $0.333 \text{ m}^3/\text{s}$ y el tirante para una cuneta triangular de 19cm, también se planteó utilizar tuberías para alcantarillas TMC 24” y tuberías HDPE tipo TPE235 (fabricadas a base de Polietileno de Alta Densidad)

Aporte al tema de investigación

Se utilizó el diseño estructural de la vía.

Diferencias al tema de investigación

El autor desarrolla un expediente técnico como trabajo de investigación, mientras que yo, en cambio, me concentro en realizar un análisis en la rama de Ingeniería de transportes específicamente en el apartado de calidad de tránsito.

Título : “Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio, según manual de capacidad de carreteras (HCM 2010) en la vía PE-3S tramo Arco Tica Tica-Izcuchaca”

Autor : Cuentas Cardenas, Mario Eslender & Ayala Cusihualpa, Julio Cesar

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2019, Cusco

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el nivel de servicio de la vía en estudio siendo el tramo Arco Tica Tica – desvió a Izcuchaca de un nivel de servicio “D” con una capacidad vial de 1700 veh/h. Se planteo carriles de adelantamiento, para obtener una mejor distribución del flujo vehicular y por ende mayor velocidad de circulación para los vehículos

Aporte al tema de investigación

Se utilizaron los datos de IMDA para plantear alternativas en el intercambio vial PE-28F y PE-3S.

Diferencias al tema de investigación



Los autores al igual que Vicente Vargas plantearon un carril de adelantamiento. Sin embargo, Cuentas & Ayala demostraron que si mejora el nivel de servicio en una vía que cuenta con un mayor volumen de tránsito. No desarrollaron una propuesta multicarril. A diferencia de mi investigación

Título : “Análisis y propuesta de mejora en la carretera nacional PE-3S tramo av. Antonio Lorena - Poroy, aplicando la metodología de inspección de seguridad vial y el manual HSM.”

Autor : Herrera Ponce, Veriosca & Mandura Choque, Rodrigo Miguel

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2017, Cusco

Resumen:

Se utilizó volúmenes de tránsito entre los años 2002 y 2016 recopilados por el MTC y se realizó los días 23-25 de marzo del 2017 un aforo vehicular resultando un IMDA DE 17,499, también se realizó un levantamiento de las características geométricas de la vía para una velocidad mínima de 35km/h y clasificando la vía como de tercera clase, resultando una longitud de vía de 13.100 km trazada sobre una orografía ondulada y accidentada tipo II y III, con peraltes máximos de 10%, radios mínimos de 35m, longitudes de curva mínimas de 12.1m, también se determinó que un 53% de las longitudes de tangentes no cumplen con la longitud mínima en curva S de 49m. En relación con la geométrica vertical se presenta un radio mínimo de 40m y una diferencia máxima de pendientes de 7.5 recolección de accidentes suscitados en el tramo.

Aporte al tema de investigación

Se comparó el análisis de características geométricas realizado al tramo Av. Antonio Lorena, y el aforo vehicular.

Diferencia al tema de investigación

Los autores utilizan una metodología con enfoque en seguridad utilizando el manual HSM que tiene criterios diferentes para determinar la capacidad de la vía como sus componentes



geométricos.

Título : “Análisis de la alternativa a nivel de diseño geométrico para el acceso vehicular Cusco-Occoruro, con fines aeroportuarios”

Autor : Matamoros Huamán, Yadira & Zapata Gutiérrez, John Artur

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2014, Cusco

Resumen:

Se realizó el diseño geométrico para la alternativa más viable a la zona Cusco-Occoruro con fines aeroportuarios, se halló un IMDA proyectado, determinado a partir del conteo realizado en el aeropuerto Alejandro Velasco Astete resultando en 27,648 veh/día para el año 2033.

Aporte al tema de investigación

Se utilizaron los aforos realizados, como el tráfico atraído por el aeropuerto para proyectar el IMDA que tiene el AAVA. Se corroboraron los aforos encontrados por Vicente Vargas

Diferencia al tema de investigación

Los autores llevaron a cabo un análisis de distintas alternativas, incluyendo Chinchero. Hoy en día, con la construcción del aeropuerto en Chinchero ya en marcha, es crucial plantear soluciones para el acceso al mismo.

Título : “Análisis comparativo entre metodología determinística del manual de capacidad vial HCM 2010 y la metodología de la micro simulación para el cálculo de los niveles de servicio y congestión vial en el caso de estudio óvalos libertadores y Martín Chambi de la ciudad del Cusco”

Autor : Tairo Peralta, Susan Mercedes & Farfán Huamán, Marco Antonio

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2019, Cusco

Resumen:



Se utilizó un método determinista para hallar el nivel de servicio, capacidad y demoras. Y un método de seguimiento vehicular, basado en una micro simulación a detalle de la geometría y de la demanda vehicular en los óvalos. Determinando un nivel de servicio F.

Se concluyó con una propuesta de un paso a desnivel para lograr un nivel C y D.

Aporte al tema de investigación

Se utilizaron los niveles de servicio determinados en los Óvalos, como los flujogramas vehiculares, los tiempos semafóricos y el análisis de conflictos en micro simulación como guía para los tramos a investigar.

Diferencia al tema de investigación

Los autores llevaron a cabo un análisis específico en una intersección del corredor vial abordado en la problemática de la investigación. Por otro lado, en mi investigación, opté por no profundizar en cada una de las intersecciones debido a su complejidad.

Título : “Análisis de la capacidad, congestión y flujo vehicular para la optimización del nivel de servicio del óvalo Pachacutec de la ciudad del Cusco”

Autor : Rodrigo Chayña, Elmer Paul Rivas & Rivas Vilcas, Josemar Benigno

Institución : Universidad Andina del Cusco

Lugar y fecha : 2018, Cusco

Resumen:

Busca determinar los niveles de servicio que presenta el Óvalo Pachacutec realizando un análisis de los flujos vehiculares, características geométricas, capacidad y congestionamiento. Para ello utilizaron aforos vehiculares de todas las aproximaciones del Óvalo, levantamiento topográfico, un inventario de las señales de tránsito y tiempos semafóricos. Concluyendo que los accesos al óvalo y sus movimientos presentan un nivel de servicio “F” con una longitud de cola máxima promedio de 115.15m y demora de 310.56 s. Por último, se planteó una solución a desnivel subterráneo con un galibo de 5.50 m en el acceso Alameda Pachacutec y Av. 28 de



Julio con un NDS A, una longitud de cola de 18.44 m y un tiempo de demora de 1.37 s

Aporte al tema de investigación

Se utilizó en flujo de análisis para determinar los niveles de servicio en el Óvalo, como los flujogramas vehiculares, los tiempos semafóricos y el análisis de conflictos en micro simulación como la propuesta planteada.

Diferencia al tema de investigación

Los autores llevaron a cabo un análisis específico en una intersección del corredor vial abordado en la problemática de la investigación. Por otro lado, en mi investigación, opté por no profundizar en cada una de las intersecciones debido a su complejidad.

2.1.2. Antecedentes a nivel Internacional

Título : “Diseño Geométrico de los pasos a desnivel en la intersección de la carrera 63 con la autopista sur en el sector de villa rio de la ciudad de Bogotá”

Autor : Nuñez Rodriguez, Luis & et.al.

Institución : Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Lugar y fecha : 2016, Bogotá D.C.

Resumen:

Este proyecto está enfocado en plantear una solución de infraestructura que mejore el nivel de servicio bajo el cual opera actualmente la intersección de la Autopista Sur con Carrera 63 en el sector de Villa del Rio en la ciudad de Bogotá. Para plantear la solución se realiza un estudio de tránsito para determinar las condiciones actuales de operación de la vía, dentro del estudio de volúmenes vehiculares se realiza la proyección de estos con el fin de determinar las condiciones de operación que se presentaran en la intersección en 20 años. Se presenta el diseño geométrico, alineamiento vertical, horizontal de la solución y el diseño de señalización.

Aporte al tema de investigación

La investigación previa fue considerada en el presente estudio debido a que ambos tenemos un



objetivo común: plantear soluciones para mejorar la capacidad de la vía mediante la simulación y el desarrollo de alternativas en la geometría de la carretera, incluyendo su emplazamiento.

Diferencia al tema de investigación

Los autores analizaron más de una intersección con todos los problemas que conlleva y simularon el comportamiento que tendrá a futuro la solución planteada. Salvo que se analizara en este caso una vía y no intersecciones. Cabe mencionar que esta investigación fue para optar el grado de Magister.

Título : “Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao”

Autor : Marlin A. Aaron & et.al.

Institución : Universidad de La Guajira, Riohacha-Colombia

Lugar y fecha : 2019, Colombia

Resumen:

Este trabajo analiza la movilidad vehicular en tres puntos específicos de los municipios de Riohacha y Maicao, La Guajira, en Colombia. Se utilizaron variables de flujo vehicular, como tiempos de llegada a la cola, densidad, permanencia, infracciones y otras implícitas. Se realizaron procesos de observación y descripción sistemáticos durante cuatro meses continuos en horas críticas; se identificaron y describieron las variables de flujo que impactaron los puntos seleccionados, causas y efectos, que se representan usando diagramas de influencia. Se simuló todo el proceso, usando software de alto desempeño como PTV Vissim 8 y Vensim PLE. Se reconoce que la movilidad vehicular en los puntos estudiados genera congestión por la alta afluencia de vehículos que transitan y que las normas de tránsito vigentes allí poco ayudan a mejorar el flujo. Además de infracciones, accidentes y situaciones de intolerancia, se genera toxicidad en el ambiente por la emisión de CO₂ por los vehículos en espera en cada punto crítico, asunto al que las autoridades aún no le prestan atención.



Diferencia al tema de investigación

Los autores analizaron más de una intersección durante más de cuatro meses. Mientras que la investigación que se realizará solo analizará el tramo durante una semana. Se utilizará el software PTV Vissim 8.

Título : “Diagnóstico del estado actual de la intersección avenida ciudad de cali con avenida la esperanza con el uso del programa vissim”

Autor : Carrera Mazuera & Maldonado Ardila Edison Nicolas

Institución : Universidad Católica de Colombia

Lugar y fecha : 2019, Colombia

Resumen:

Actualmente la ciudad de Bogotá tiene unos problemas de embotellamientos y trancones, que afectan la calidad de vida de los ciudadanos, no solo en su disposición de tiempo, sino también en su desarrollo económico. La Avenida Ciudad de Cali, fue el último gran proyecto vial de Bogotá, que atraviesa el occidente entre las localidades de Bosa, en el sur, y Suba, en el norte, lo que la convierte en un gran foco de interés y estudio. En los últimos años esta Avenida ha sido objeto de estudio de factibilidad para integrar el sistema Transmilenio y por ellos se realiza el diagnostico de situación actual de una intersección Av. Ciudad de Cali con Av. La Esperanza. El diagnostico se genera realizando una recolección de información de volumen vehicular, dimensiones de carriles y tiempo de semaforización para así generar una modelación mediante el uso de la herramienta PTV Vissim, permitiendo conocer el estado actual de servicio la intersección, realizando comparaciones a distintas horas de tráfico.

Aporte a la investigación

El estudio para realizar recolectará información del volumen vehicular, dimensiones de carriles y tiempo de semaforización para simular el comportamiento futuro. También de muestran las longitudes de cola y la mayor concentración de tránsito pesado a lo largo del día y semana



Diferencia al tema de investigación

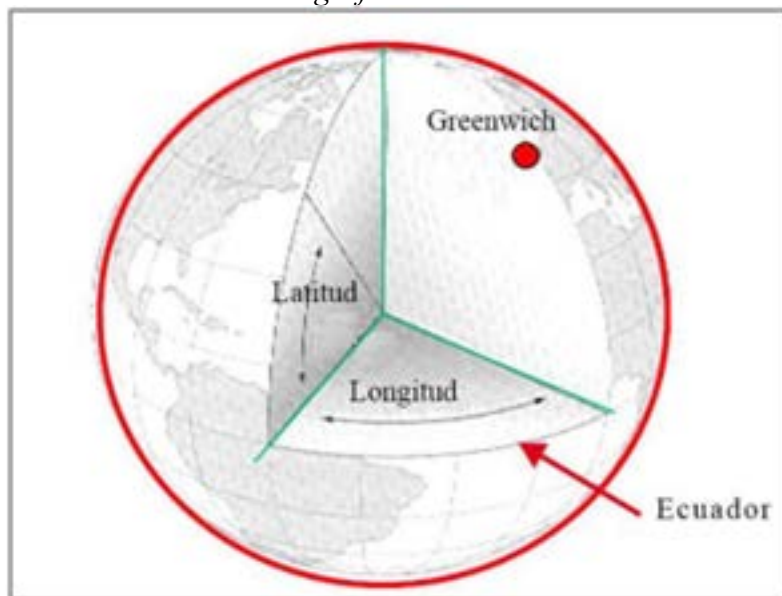
La diferencia que existe es la sección transversal que presentan los investigadores colombianos siendo de seis carriles mientras que

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Topografía

Las coordenadas geográficas son una forma de ubicar cualquier punto en la superficie terrestre mediante su latitud y longitud, que se miden en relación a la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich. El sistema de coordenadas se expresa en grados, minutos y segundos, y resulta muy útil para referenciar grandes áreas o crear mapas detallados. Con las coordenadas geográficas se puede precisar con exactitud la posición de cualquier objeto o lugar en el mundo.

Figura 3 Sistema de Coordenadas Geográficas



Fuente: Google

Sistema de coordenadas universal Transversal de Mercator, UTM

El sistema de coordenadas geográficas Universal Transversal de Mercator utiliza un sistema de proyección cilíndrica que gira alrededor del eje Norte – Sur, dicho cilindro es tangente a la superficie terrestre, coincidiendo el eje del cilindro con el eje ecuatorial; representando a la Tierra sobre su propio plano



Proyección UTM

En el sistema de coordenadas UTM, el sistema de coordenadas cambia de una esfera a un rectángulo, y las latitudes y longitudes se representan mediante líneas que forman una cuadrícula. Al este del meridiano de Greenwich, la Tierra se divide en 60 regiones iguales, cada una de 6° de longitud, con los números del 1 al 60.

Tabla 1 Parámetros Sistema Geodésico GRS80

Semieje mayor	a	6 378 137 m
Velocidad angular de la tierra	w	7 292 115 x10 ⁻¹¹ rad/seg
Constante gravitacional terrestre	GM	3 986 005 x 10 ⁸ m ³ /s ²
Coefficiente armónico zonal de 2° grado geopotencial	J ₂	c _{2,0} = 484.16685 x 10 ⁻⁶

Fuente: (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2018)

Para comunicarse con la red de encuestas IGN horizontalmente, solo necesita conectar una estación si la estación IGN es de clase B o superior y dos estaciones si la estación IGN es de orden C para la comunicación vertical con la red vertical. Se requiere que IGN se comuniquen con al menos dos estaciones IGN. Para vías pavimentadas de bajo tráfico, es deseable contar con puntos de georreferencia coordinados por UTM vinculados al sistema nacional IGN a una distancia no mayor de 10 km entre sí y cercanos a la calzada en una distancia no mayor a 500 metros.

Tabla 2 Tolerancias para trabajos de levantamiento topográfico

Fases de trabajo	Tolerancia	
	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100 000	$e = 5\sqrt{k}^*$
Puntos de control (Polígonos o triángulos)	1:10 000	$e = 12\sqrt{k}^*$
Puntos del eje (PC), (PT) y referencias	1:5 000	±10 mm
Otros puntos del eje	±50 mm	±10 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	±50 mm	±20 mm
Muros de contención	±50 mm	±10 mm

*e= error relativo en milímetros, k=Distancia en kilómetros

2.2.2. Sistema vial

(Roess et al., 2000) Identifica que el sistema vial consta de cinco elementos importantes que trabajan juntos en el sistema de transporte. Las características de la geometría y el flujo de tráfico dependen en gran medida de las propiedades y restricciones de cada uno de estos elementos, a saber:



- Usuario: Conductores, peatones, ciclistas y pasajeros
- Vehículos: Privados y Comerciales
- Camino: Calles y Autopistas
- Dispositivos de control de tránsito
- El entorno en general.

Conductor

Aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo según (Bañón & Bevia, 2000), p40 el tiempo de reacción se refiere al tiempo necesario para detectar un objetivo, identificar el objetivo, decidir sobre una respuesta e iniciar la respuesta. No incluye el tiempo para completar la maniobra (Bahar et al., 2007; AASHTO, 2016) citado por (Pande & Wolshon, 2016),p119

Vehículo de diseño

Un vehículo de proyecto es una clase de vehículo hipotético con peso, tamaño y rendimiento que se utiliza para establecer los principios que definen el diseño geométrico de carreteras, calles e intersecciones para acomodar el tipo de vehículo. (Cal et al., 2007)

Las características físicas y las proporciones de los vehículos de diferentes tamaños en la carretera son elementos clave de la definición geométrica. A la hora de seleccionar un vehículo a diseñar, es necesario tener en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Por lo general, los vehículos pesados son suficientes para describir un proyecto vial.(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018, p. 24)

Aspectos que definen los vehículos de diseño:

- El ancho de la camioneta afecta el ancho del carril, el lecho de la carretera, la acera y la sección transversal, el radio de giro mínimo, la intersección y el ancho de vía.
- La distancia entre los centros afecta el ancho y el radio mínimo interior y exterior del riel.
- La relación entre el peso total y la potencia está relacionada con el grado de inclinación.



Vehículos ligeros

Conforme al (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) se consideran como vehículos livianos corresponden a los vehículos automotores de cuatro ruedas o menos, diseñados para transportar personas con ocho o menos asientos, además del asiento del conductor.

Para el cálculo de las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, es necesario determinar las diferentes alturas asociadas a los vehículos ligeros que cubren las situaciones de visibilidad más favorables. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.

h1: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.

h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.

h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible: 0,45 m.

h5: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

Un automóvil de pasajeros desarrolla mayor velocidad y menor visibilidad del piloto, por lo que estas características determinarán la distancia de visibilidad para rebasar, detenerse, zonas de seguridad en relación con la visibilidad en las intersecciones de carretera, altura mínima segura y barrera antirreflejos, tamaño mínimo de los espacios de estacionamiento en aparcamientos, plazas, áreas escénicas o recreativas. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018, p. 45)

Vehículo pesado

Los vehículos de motor de cuatro o más ruedas para el transporte de personas con más de ocho asientos también incluyen los vehículos de motor diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Para calcular las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, es necesario determinar las diferentes alturas asociadas a los vehículos ligeros que cubren las situaciones de visibilidad



más favorables. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018, p. 25)

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h6: altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m

Un camión tiene las características de sección y altura que determinan la sección de los carriles y su capacidad de carga, el radio y extensión de las curvas transversales, la altura libre mínima para permisos, la necesidad de carriles adicionales, la longitud del edificio, la longitud y el porcentaje de plazas de aparcamiento. para vehículos pesados en estacionamientos, glorietas o parques de diversiones. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

El Transportation Research Board (2010) citado por (Vicente Vargas & Vicente Vargas, 2019, p. 24) Clasifique los vehículos pesados como camiones o vehículos recreativos (RV). Los camiones incluyen una variedad de vehículos que van desde camionetas y remolques con más de cuatro ruedas hasta dos y tres ejes. La clasificación de vehículos recreativos incluye vehículos recreativos motorizados y vehículos recreativos con remolques.

En la tabla 202.01 del Manual de diseño geométrico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) se muestran los datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según Reglamento nacional de vehículos (D.S. N° 085-2003-MTC)

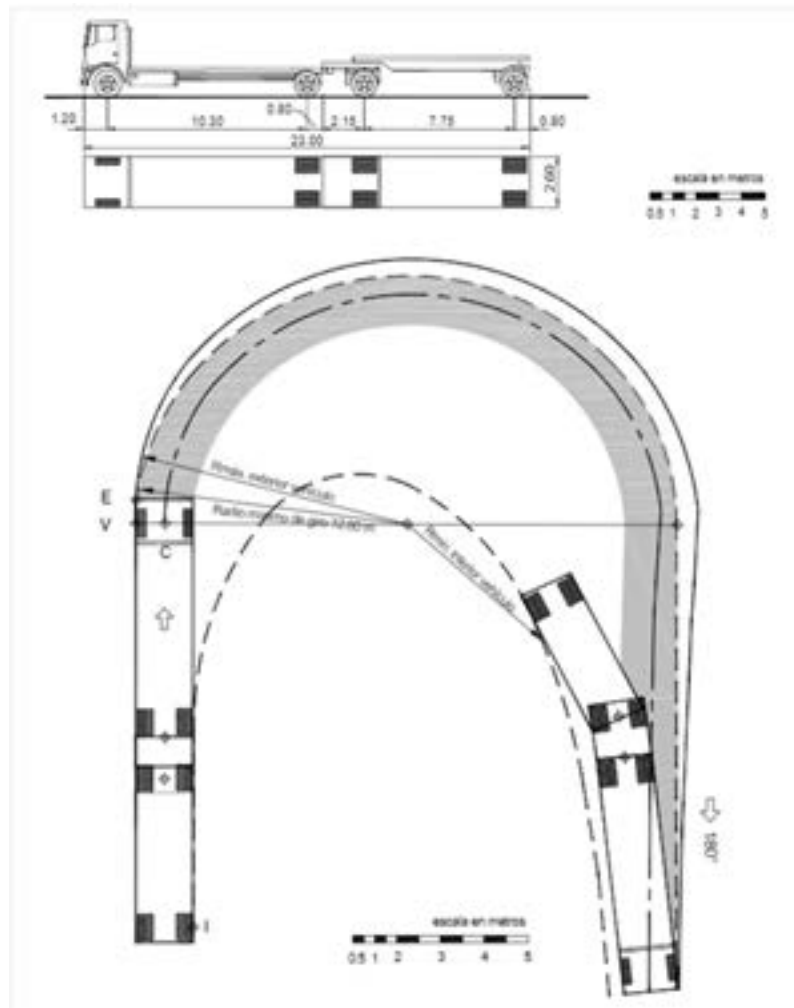


Tabla 3 Vehículos de diseño

Tipo de vehículo	Alto	Ancho	Vuelo	Ancho ejes	Largo	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio min. Rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.55	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70/1.90/4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple(T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	2.60	6.00/12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	2.60	10.30/0.80/2.15/7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	2.60	5.40/6.80/1.40/6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T2S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	2.60	5.45/5.70/1.40/2.15/5.70	1.40	13.70
Remolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40/11.90	2.00	1.00

Fuente: pg.28, Tabla 202.01, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Figura 4 Giro mínimo para remolques simples (C2R1) trayectoria 180°



Fuente: pg.77, Figura 202.42, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tabla 4 Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30°	13.25 m	7.94 m	22.1°	5.6°	9.3°
60°	13.49 m	6.21 m	34.2°	10.6°	18.7°
90°	13.61 m	4.81 m	41.3°	14.6°	27.8°
120°	13.68 m	3.66 m	45.6°	17.8°	36.5°
150°	13.71 m	2.67 m	48.3°	20.3°	44.6°
180°	13.74 m	1.79 m	50.1°	22.2°	52.3°

Fuente: pg.71, Tabla 202.08, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Camino

Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles



de la ciudad. (Cal et al., 2007, p. 104)

2.2.3. Clasificación funcional de sistemas viales

- a) **Vías expresas.** - Son el nexo entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, se utilizan principalmente como desvíos, conectando zonas de alto tráfico con gran cantidad de vehículos a alta velocidad y accesibilidad limitada, se utilizan para viajes largos. viajes entre grandes áreas residenciales y centros industriales. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)
- b) **Vías arteriales.** – las vías arteriales permiten un tráfico de moderado a denso, poca accesibilidad y un uso del suelo adyacente relativamente integrado. Estas vías deben estar asociadas al sistema de autopistas y asegurar una buena separación y distribución del tráfico en vías colectivas y vías locales. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)
- c) **Vías colectoras.** - Las vías colectoras se utilizan para conectar las vías locales con las vías arteriales y, en algunos casos, con las vías expresas cuando las vías principales son intransitables. Pueden ser colectores distritales o interdistritales, y se utilizan tanto para el tráfico de paso como para las instalaciones anexas al mismo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)
- d) **Vías locales.** -Son aquellas cuya función principal es conectar a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generando tanto de ingreso como de salida, por ella transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite el estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Por su función:

Red vial primaria. - Une las principales ciudades con puertos marítimos aeropuertos y fronteras como la Panamericana o la Longitudinal de la sierra

Red vial secundaria. - Corresponde a la red circunscrita a la zona de un departamento

Red vial local. - Carreteras que unen centros poblados

Carreteras de dos carriles

Las carreteras de dos carriles tienen un carril para cada sentido. La característica principal que distingue este tipo de camino de otras infraestructuras viales de flujo ininterrumpido es que las



maniobras de paso tienen lugar en el carril opuesto de tráfico y están limitadas por la disponibilidad de intervalos en el flujo de tráfico opuesto y la disponibilidad de suficiente distancia de visibilidad para que un conductor pueda distinguir de forma segura la aproximación de un vehículo del tráfico opuesto, generalmente ocasionado por vehículos pesados los cuales están sujetos a demora adicional por la incapacidad de adelantar al vehículo que va enfrente.(Transportation Research Board, 2010)

Las carreteras de dos carriles tienen una característica única: a medida que aumenta la demanda de flujo, la calidad de operación disminuye precipitadamente y las operaciones de sobrepaso son "imposibles" debido a las bajas relaciones de volumen-capacidad. Por esta razón, pocas carreteras de dos carriles operan a flujos vehiculares que se aproximan a la capacidad; en la mayoría de los casos, la mala calidad de operación ha llevado a mejorar o reconstruir la carretera antes de alcanzar la demanda de capacidad. (Transportation Research Board, 2010)

Clasificación de carreteras de dos carriles

Clase I

Son carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Se clasifican como Clase I aquellas que son las principales rutas interurbanas, los conectores principales de los principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o principales eslabones de redes estatales o carretera nacional. Estas sirven sobre todo para viajes de larga distancia, o facilitar las conexiones entre las vías que sirven a viajes de larga distancia. (Transportation Research Board, 2010)



Figura 5 Carretera de dos carriles de Clase I



Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Clase II

Son carreteras donde los conductores no siempre esperan acelerar mucho. Se utilizan para acceder a carreteras clasificadas como Clase I, que funcionan como rutas paisajísticas o recreativas (y no como arterias principales), o pasan a través de terrenos accidentados (donde sería imposible operar an altas velocidades). Con frecuencia sirven para viajes relativamente cortos, el inicio o el final de viajes más largos o viajes de turismo. (Transportation Research Board, 2010)

Figura 6 Carretera de dos carriles Clase II



Fuente: Google Maps



Clase III

Son carreteras destinadas a regiones moderadamente desarrolladas. Pueden ser carreteras Clase I o Clase II que cruzan pequeñas ciudades o áreas recreativas desarrolladas. En estas áreas, el tráfico local y el tráfico de paso se mezclan con frecuencia, y los puntos de acceso no semaforizados tienen una densidad notablemente mayor que en una zona rural. También pueden haber segmentos de tramos más largos que pasan a través de áreas recreativas, donde los límites de velocidad reducidos reflejan el mayor nivel de actividad. (Transportation Research Board, 2010)

Figura 7 Carretera de dos carriles Clase III



Fuente: Google Maps

La definición de las clases de carreteras de dos carriles se basa en su función. vías arteriales o carreteras troncales se consideran de Clase I, mientras que la mayoría de las vías colectoras y locales se consideran Clase II o Clase III.



Carreteras multicarril

Son carreteras destinadas a regiones moderadamente desarrolladas. Con más de dos carriles por dirección y límites de velocidad entre 64 a 89 km/h (40 a 55 mi/h). Pueden ser carreteras Clase I o Clase II que cruzan pequeñas ciudades o áreas recreativas desarrolladas. En estas áreas, el tráfico local y el tráfico de paso se mezclan con frecuencia, y los puntos de acceso no semaforizados tienen una densidad notablemente mayor que en una zona rural. También pueden haber segmentos de tramos más largos que pasan a través de áreas recreativas, donde los límites de velocidad reducidos reflejan el mayor nivel de actividad.

Por la demanda

Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con un tráfico IMDA de 6 000 vehículos por día, con un separador central mínimo de 6.00 m y más de dos carriles de 3.60 m por dirección de ancho para controlar todos los accesos (entradas y salidas). No hay cruces o pasos a nivel con puentes peatonales en áreas urbanas con superficies pavimentadas. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Autopistas de Segunda Clase

6000 y 4 001 veh/día, separador de 6.00 m hasta 1.00 m, más de dos carriles de 3.60 m control parcial de accesos (ingresos y salidas) flujos vehiculares continuos cruces o pasos vehiculares a nivel SA y puentes peatonales en zonas urbanas. pavimentada. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Carreteras de Primera Clase

IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día Carriles de 3.60 m. Puede tener puentes peatonales con dispositivos de seguridad vial para velocidades de operación de cruces o pasos vehiculares a nivel. Pavimentada.

Carreteras de Segunda Clase



IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, dos carriles de 3.30 m de ancho. cruces o pasos vehiculares a nivel puentes peatonales con dispositivos de seguridad vial velocidades de operación pavimentada. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Por su orografía

El concepto de terreno general se refiere a ramos prolongados de camino que contiene un número de pendiente en ascenso y descenso

Terreno Plano

Cualquier combinación de pendientes verticales o horizontales que permite que los vehículos pesados mantengan la misma velocidad que los automóviles En este tipo de terreno, normalmente hay pendientes cortas de no más del 2%.(Transportation Research Board, 2010)

Terreno ondulado

Cualquier combinación de pendientes verticales o horizontales que reduce significativamente la velocidad de los vehículos pesados a la de los autos, pero eso no hace que los vehículos pesados funcionen a velocidades lentas durante un período prolongado de tiempo o por intervalos frecuentes. (Transportation Research Board, 2010)

Terreno montañoso

Cualquier combinación de pendiente horizontal y alineación vertical que hace que los vehículos pesados funcionen a marcha lenta para distancias significativas o con frecuencia. La tierra montañosa es bastante rara. (Transportation Research Board, 2010)

Terreno con pendientes específicas

Cualquier pendiente que supere el 2% o el 3% y supere 0.81km (0.5 mi), o cualquier pendiente que supere el 3% y supere 0.40km (0.25 mi) debe ser considerada como un segmento independiente. El análisis de tales segmentos debe tener en cuenta las condiciones de actualización y disminución por separado, así como si la pendiente es una sola pendiente aislada o una parte de una serie que forma una pendiente compuesta. (Transportation Research Board,



2010)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018 clasifica la orografía en cuatro tipos.

Tabla 5 *Clasificación orografía*

Orografía	Pendiente transversal	Pendientes longitudinales
Plano	p= hasta 10%	6°
Ondulado	p= 11 - 50%	27°
Accidentado	p= 51 - 100%	45°
Escarpado	p= más 100%	+ 45°

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), *Elaboración propia*

$p = \tan \alpha * 100$, transversal y α , longitudinal

2.2.4. Tránsito vehicular

Es el fenómeno que se produce cuando hay flujos de vehículos en una avenida, calle o autopista, lo que provoca situaciones como las congestiones por exceso de capacidad. En nuestra ciudad es común observar este tipo de fenómenos, por lo que es importante mencionar algunos conceptos como: (Cárdenas Grisales, 2003)

Volumen de tránsito

El volumen de tránsito es el volumen total durante un período de tiempo específico (en días completos), mayor que un día y menor que un año, dividido entre el número de días durante ese período. Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el objetivo de obtener información sobre el volumen de vehículos en puntos específicos dentro de un sistema vial. (Cárdenas Grisales, 2003)

El volumen, la tasa de flujo, demanda y capacidad se definen como:

- El volumen. - Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico. (Cal et al., 2007)
- La tasa de flujo. - Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos o personas durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente. (Cal et al., 2007)
- La demanda. - Es la cantidad de personas o vehículos que viajan y pasan por un lugar durante un tiempo determinado. Dado que algunos viajes se desvían a rutas alternativas



y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial, cuando hay congestión, la demanda es mayor que el volumen actual. (Cal et al., 2007)

- La capacidad. - Es la cantidad máxima de vehículos que pueden cruzar un punto durante un período de tiempo determinado. Es un elemento del sistema vial y muestra su oferta. En ciertas circunstancias, el volumen actual nunca puede superar la capacidad real; sin embargo, en algunos casos, parece que esto ocurre debido a la capacidad estimada o calculada mediante algún procedimiento en lugar de la capacidad real observada en el campo. (Cal et al., 2007)

Como puede observarse, la demanda es una medida de vehículos (o personas) que esperan ser servidos, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad). (Cal et al., 2007)

Los conteos o aforos son mediciones de la demanda actual porque cuando la capacidad es menor que la demanda, el volumen es igual a la demanda. (Cal et al., 2007)

La tasa de flujo, la demanda y la capacidad dependen mucho de los estudios de volumen de usuarios (vehículos). El desarrollo estimativo de la calidad del servicio a los usuarios depende de su conocimiento. (Cal et al., 2007)

Volumen horario máximo anual (VHMA)

El número máximo de pasajeros por hora que pasan por un punto o sección de un carril. De las 8760 horas del año, es la hora con el mayor volumen. Los volúmenes de tránsito se utilizan con frecuencia en la planificación, los proyectos, los usos comerciales, la seguridad y la investigación. Por lo tanto, los volúmenes de tránsito promedio deben calcularse para determinar la cantidad de vehículos en un período de tiempo, ya sea por día, semana, mes o anualmente. (Cal et al., 2007)

Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el número máximo de vehículos que pasan por un punto o secciones de carril durante 60 minutos consecutivos. Las variaciones de volumen en algunas intersecciones, avenidas y calles en ciertos horarios son diferentes debido al aumento o disminución del volumen causado por el



cambio de horario. Para determinar planeaciones y operaciones, es importante mencionar que el VHMD es muy importante en los diversos puntos. (Cal et al., 2007)

Volumen horario de proyecto. (VHP)

Es necesario seleccionar uno de esos volúmenes como volumen horario de diseño (VHD) porque los volúmenes de demanda durante el año de diseño cambiarán de hora en hora. Se recomienda estimar el valor del máximo volumen en las horas pico (diarias) para cada semana del año de diseño y usar el VHD como el promedio de esos valores. De manera general, el volumen horario de un proyecto se determina en periodos prolongados que encuentra el ingeniero para estimar valores de demanda que varían constantemente y que generalmente aumentan con el tiempo. (Cal et al., 2007)

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Hay momentos en los que las tasas de flujo son mayores que las de la hora; el valor de un volumen horario de máxima demanda no siempre es constante a lo largo de toda la hora. (Cal et al., 2007)

El factor horario de máxima demanda, que conecta el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo, se utiliza para analizar las variaciones en el volumen de tráfico durante la hora de máxima demanda. (Cal et al., 2007)

El factor de hora pico (PHF) es la relación entre el volumen total por hora y el caudal máximo dentro de la hora, y se calcula utilizando la siguiente fórmula durante 15 minutos:(Transportation Research Board, 2010)

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}} \quad (1)$$

Donde:

PHF : Factor de hora pico.

V : Volumen de vehículos durante el periodo de 1 hora.

V15 : Volumen pico durante el periodo de 15 minutos.



Tránsito futuro

De acuerdo con (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018) Una carretera debe ser diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra durante la vida útil del proyecto. Sin embargo, para determinar la vida útil de una carretera, es necesario evaluar las variaciones de los principales parámetros en cada segmento.

Además, se deberán determinar los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y los correspondientes al año horizonte de diseño. permitiendo la evaluación de algunas características del proyecto y la creación de un plan de construcción por etapas.(Transportation Research Board, 2010)

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)} \quad (2)$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado al año en vehículo por día

T_0 : Tránsito actual (año base) en vehículo por día

n : Año futuro de proyección

r : tasa anual de crecimiento de tránsito

Tabla 6 Tasa anual departamental del PBI

Departamentos	2019/2018
PERU	0.90
Cusco	4.40
Ica	3.80
La Libertad	1.70
Ucayali	2.30
Moquegua	-1.30
Arequipa	0.20
Apurímac	5.30
Piura	2.00
San Martín	3.60
Ayacucho	11.00
Amazonas	3.50
Madre de Dios	-2.70
Cajamarca	7.10
Ancash	0.10
Tumbes	2.20



Tabla 6 Tasa anual departamental del PBI

Departamentos	2019/2018
Lima	0.40
Puno	3.40
Lambayeque	3.00
Junín	-2.30
Loreto	2.20
Huánuco	0.60
Pasco	-4.80
Tacna	-1.30
Huancavelica	3.60

Fuente: INEI. Informe Técnico N°.01-agosto 2020 / Link: www.inei.gob.pe

Tabla 7 Tasa de crecimiento de la población por departamento

Departamento	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
PERU	1.70	1.60	1.50	1.30
COSTA				
Callao	2.60	2.30	2.10	1.80
Ica	1.70	1.50	1.30	1.20
La Libertad	1.80	1.70	1.50	1.30
Lima	1.90	1.70	1.50	1.30
Moquegua	1.70	1.60	1.40	1.30
Piura	1.30	1.20	1.10	0.90
Tacna	3.00	2.70	2.40	2.10
Tumbes	2.80	2.60	2.30	2.00
SIERRA				
Ancash	1.00	0.90	0.80	0.70
Apurímac	0.90	1.00	1.00	1.00
Arequipa	1.80	1.70	1.50	1.30
Ayacucho	0.10	0.30	0.40	0.40
Cajamarca	1.20	1.20	1.10	0.90
Cusco	1.20	1.20	1.10	1.00
Huancavelica	0.90	1.00	0.90	0.90
Huanuco	2.00	1.80	1.70	1.60
Junín	1.20	1.20	1.00	0.90
Pasco	0.40	0.60	0.50	0.40
Puno	1.20	1.20	1.10	1.00
SELVA				
Amazonas	1.90	1.80	1.70	1.50
Loreto	2.50	2.20	2.00	1.90



Tabla 7 Tasa de crecimiento de la población por departamento

Departamento	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
Madre de Dios	3.30	2.90	2.60	2.30
San Martín	3.70	3.30	2.90	2.60
Ucayali	3.70	3.30	2.90	2.50

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI

r_{vp} : 1.00

r_{vc} : 4.40

r_{vp} : Tasa anual de crecimiento de la población (vehículos de pasajeros)

r_{vc} : Tasa anual de crecimiento del PBI regional (vehículos de carga)

Además, la proyección debe dividirse en dos partes. Una proyección de vehículos pesados que aumentará al ritmo de la tasa de crecimiento económico y una proyección de vehículos ligeros que aumentará al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Ambos índices de expansión se refieren a la zona que típicamente posee estadísticas sobre estas tendencias. (Transportation Research Board, 2010)

r_{vp} : Tasa de crecimiento anual de la población (para vehículos ligeros y de pasajeros)

r_{vc} : Tasa de crecimiento anual del PBI regional (para vehículos de carga)

Modelamiento del tráfico

Se representará virtualmente el comportamiento de los vehículos en avenidas, cruces, rotondas, etc. Posibilitando el estudio presente y futuro del flujo vehicular.

- Por su naturaleza:

- **Modelo Discreto**

Las variables de este modelo cambian en diferentes instantes de tiempo simultáneamente.

Por ejemplo, las características y el movimiento individual de los vehículos varían constantemente en instantes distintos en un modelo de flujo de tráfico en una autopista. (Wilber & Vargas, 20 p. 6)

- Por el nivel de detalle:

- **Modelo Macroscópico**

Se optó por modelos macroscópicos para representar el flujo de tránsito, la velocidad y la



densidad de forma continua. Por el nivel de aleatoriedad:

- **Modelo estocástico**

utiliza variables aleatorias como la velocidad de los vehículos para estimar el comportamiento real de un sistema.

Número semilla

Para reducir los errores de simulación aleatoria, los modelos que utilizan simulaciones deben utilizar números aleatorios creados a partir de un solo valor inicial (semilla).

Número de corridas

El número de corridas dependerá del tipo de estudio. Un número mínimo de corridas se debe calcular para validar los datos de las corridas.

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (3)$$

Donde:

S : Desviación estándar

x : respuesta del parámetro de eficiencia en una corrida específica

\bar{x} : media del parámetro en todas las corridas

N : tasa anual de crecimiento de tránsito

The Federal Highway Administration (FHWA) sugiere emplear la distribución “T student” con el fin de obtener el mínimo número de corridas, por lo que se emplean las siguientes expresiones.

$$CI_{(1-\alpha\%)} = 2 * t_{(\alpha/2),N-1} * \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

Donde:

CI : Intervalo de confianza

$t_{(\alpha/2),N-1}$: t-student con N-1 grados de libertad

S : Desviación estándar



N : Número de corridas

El número mínimo de corridas, según los estudios elaborados por la FHWA (2004), se calcula de la siguiente forma:

$$N = (t_{(\alpha/2), N-1} * \frac{S}{e})^2 \quad (5)$$

Donde:

N : Número mínimo de corridas

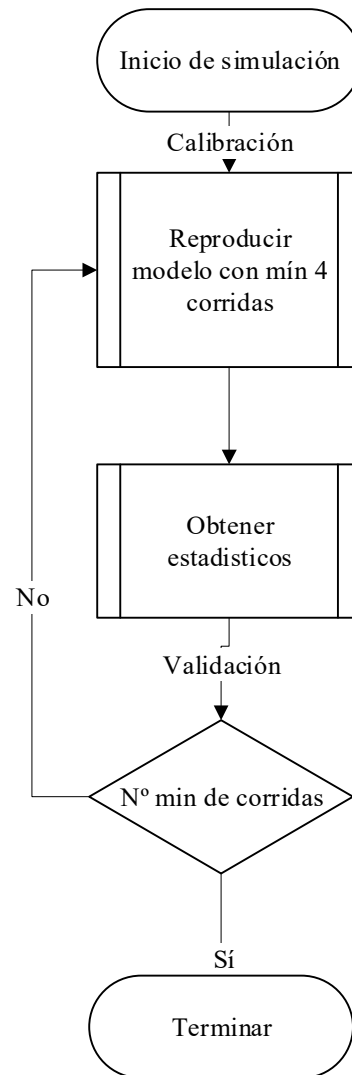
$t_{(\alpha/2), N-1}$: t-student con N-1 grados de libertad

S : Desviación estándar

e : margen de error



Figura 8 Metodología para alcanzar el N° de simulaciones mínimas



Fuente: Adaptado de FHWA,2004

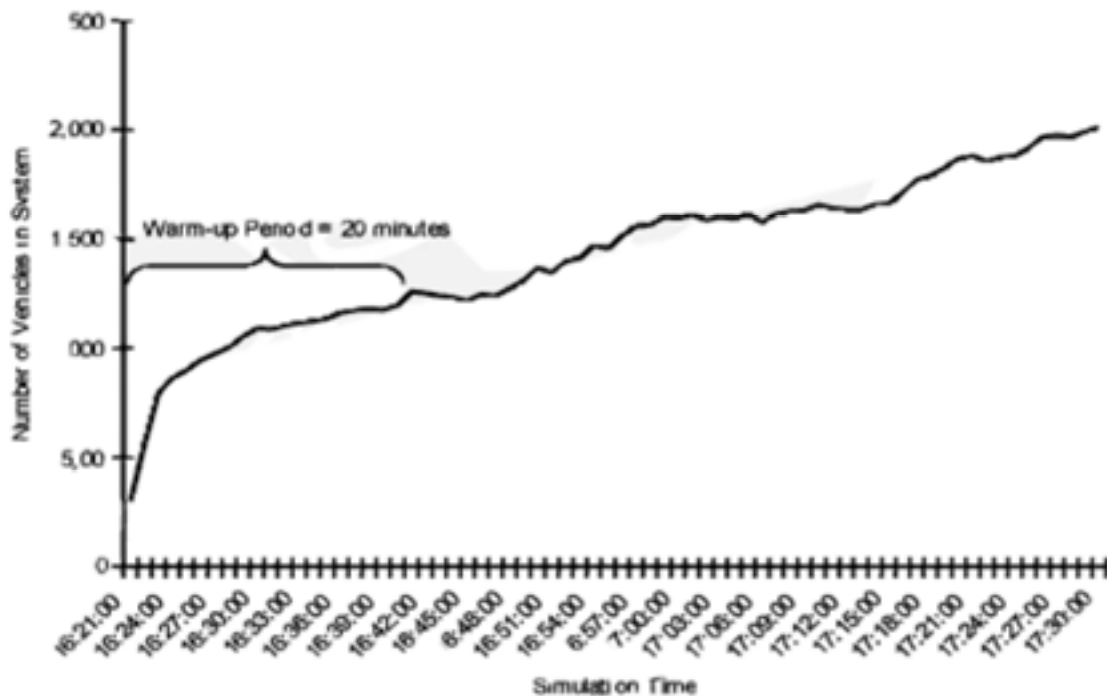
a) Tiempo de calentamiento (estabilidad)

Para obtener datos estadísticos sobre longitudes de cola, tiempo de viaje, velocidad, etc., primero debe estar el modelo estable.

Según la FHWA, los modelos elaborados necesitan al menos 10 minutos de simulación para estabilizarse.(Wilber & Vargas, 2017, p. 13)



Figura 9 Modelo que no ha alcanzado la estabilidad en el periodo de calentamiento



Fuente: (Wilber & Vargas, 2017, fig. 6)

Interacción de vehículos

Una característica importante de los modelos de micro simulación es la interacción con los medios. Esto se logra mediante el uso de modelos de seguimiento de vehículos y cambio de carril.

El modelo de seguimiento de vehículos analiza la velocidad, la distancia segura y otros factores.

El patrón de cambio de carril, por otro lado, está dominado por la necesidad de realizar esta actividad. Esta necesidad puede ser el resultado del estilo de conducción del conductor o del deseo de adelantar.

Calibración del modelo

Es un proceso mediante el cual los parámetros, como la longitud de la cola, el tiempo de viaje, la velocidad, etc., se ajustan para representar las condiciones reales de la mejor manera posible.

Validación del modelo

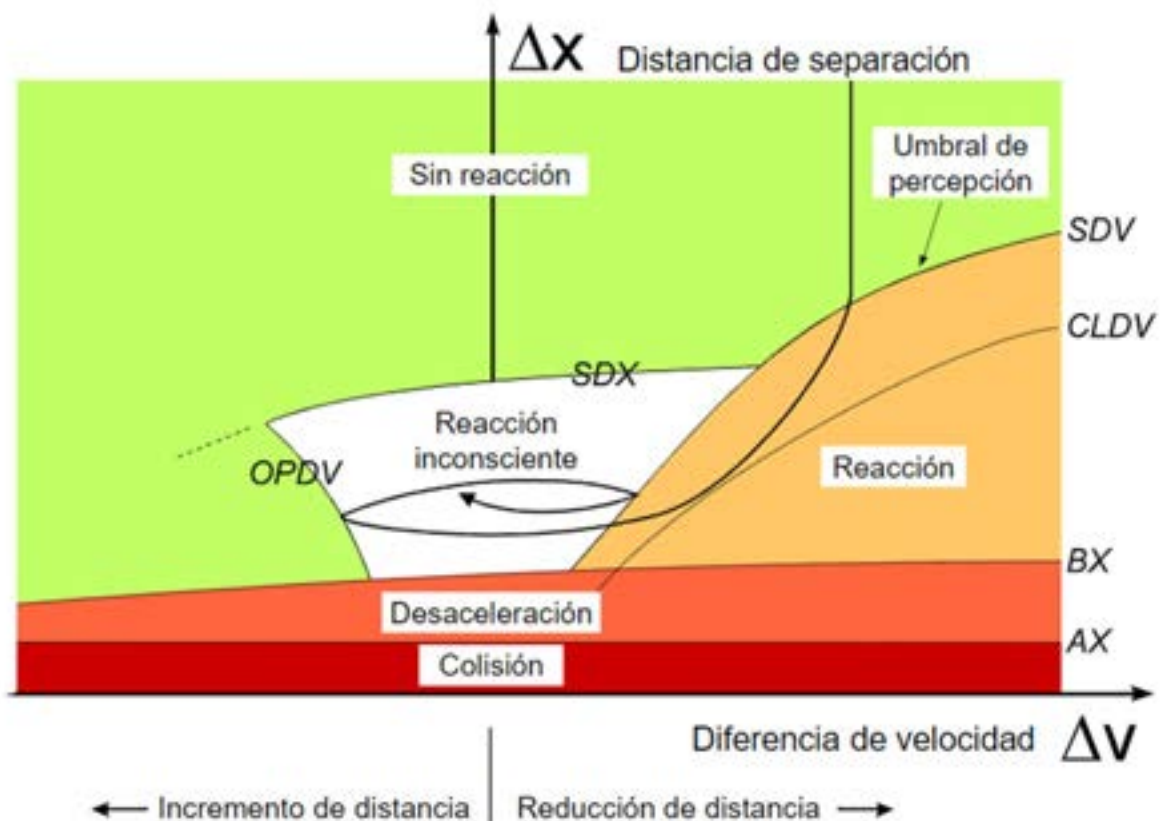
Cuando los resultados del software y los datos extraídos de campo, como volúmenes de entrada, composición del tráfico, sean similares, el modelo estará validado.

Modelo de seguimiento vehicular (car following)

Los modelos se componen de un vehículo principal y otro que lo sigue. Algunos modelos incluyen el de General Motors, Gipps y Wiedemann.

Modelo de Wiedemann.

Figura 10 Fases del modelo de Wiedemann



Fuente: (PTV AG, 2012)

La precisión de un modelo de simulación de tráfico depende principalmente de la calidad de la modelación de vehículos, como la metodología de movimiento de vehículos a través de la red. VISSIM utiliza el modelo psicofísico de comportamiento de conductor de WIEDEMANN, en contraste con modelos menos complejos que usan velocidad constante y lógica determinística



de seguimiento de vehículos. (1974)

Área de conducción libre: el conductor busca alcanzar y mantener su velocidad deseada. Además, no hay comunicación entre el vehículo seguidor y el vehículo líder.

Área de aproximación: el conductor del móvil seguidor intenta ajustar su velocidad al vehículo delantero. Al alcanzar una distancia de seguridad específica, el conductor que sigue experimenta una desaceleración para que la diferencia de velocidad entre los vehículos sea cero.

Área de desaceleración o frenado: Si se aplica una desaceleración significativa, se puede determinar si la distancia cae por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede ocurrir si el vehículo que precede cambia bruscamente de velocidad o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor estudiado.

Modelos de cambio de carril

Hay básicamente dos clases de cambio de carril en vissim:

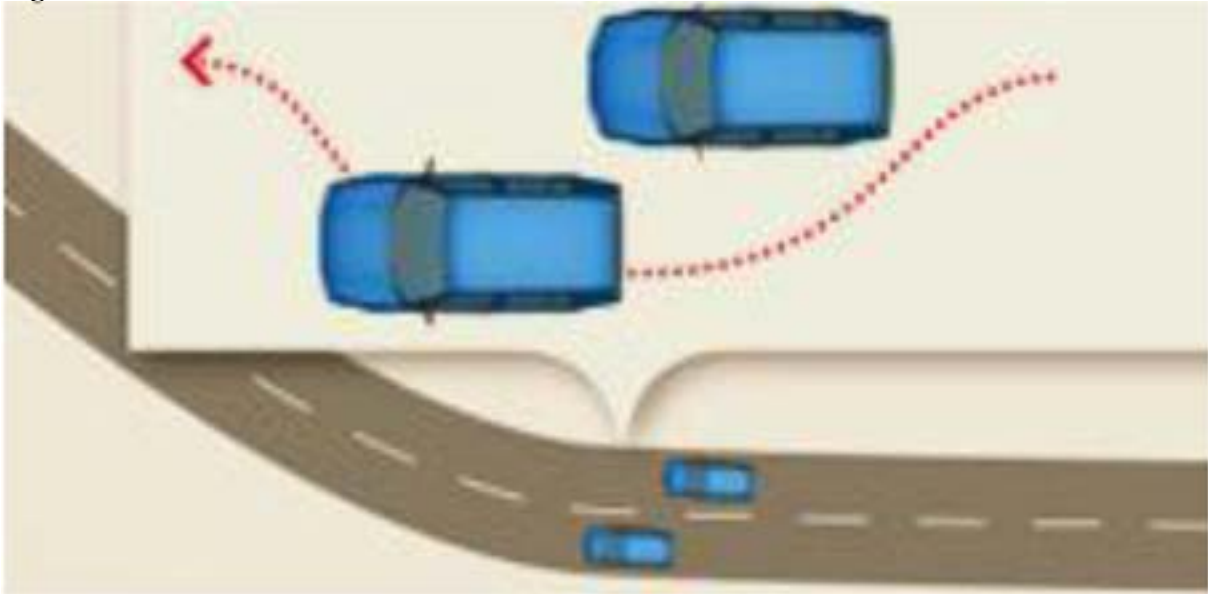
- Un cambio de carril es necesario para llegar al conector siguiente de una ruta.

Los parámetros de comportamiento de conducción muestran la desaceleración máxima aceptable para el vehículo y el vehículo que se aproxima al nuevo carril, dependiendo de la distancia a la posición de detención de emergencia en el siguiente conector de la ruta. (PTV AG, 2012)

- Cambio de carril libre: por más espacio y mayor velocidad

En este caso, VISSIM evalúa la distancia de seguridad necesaria para que el vehículo que se aproxima al nuevo carril sea seguro. Esta distancia de seguridad depende de la velocidad del vehículo que desea cambiarse a ese carril y de la velocidad del conductor.

Figura 11 Cambio de carril libre



Fuente: (Wilber & Vargas, 2017, fig. 11)

VISSIM y su funcionamiento

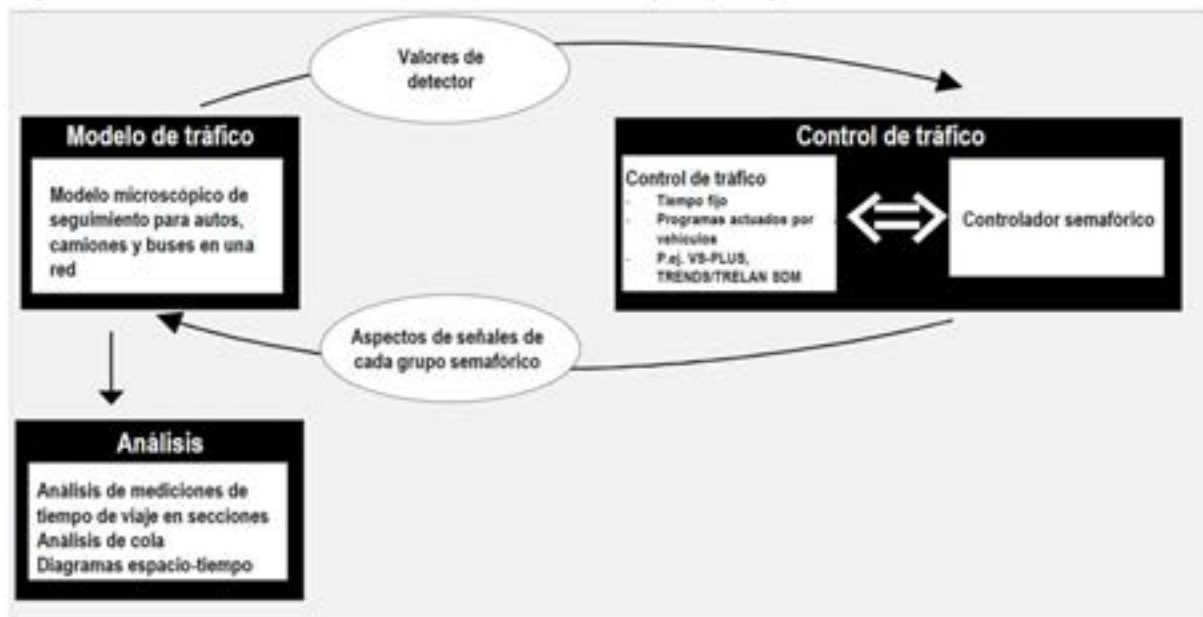
Es un programa que puede analizar las operaciones de transporte público y privado utilizando factores como la configuración de los carriles, la composición de vehículos, los semáforos, las paradas TP, etc. (PTV AG, 2012)

a) Modelo de simulación de tráfico

El paquete de simulación VISSIM se compone internamente de dos componentes distintos: el intercambio de llamadas de detector y la interfaz de estado de la señal. La simulación crea una visualización en línea y fuera de línea de la operación del tráfico, así como archivos de salida para la recopilación de datos estadísticos, como tiempos de viaje y longitudes de cola. (PTV AG, 2012)



Figura 12 Comunicación entre el simulador de tráfico y el generador de estado de señal



Fuente:(PTV AG, 2012)

VISSIM simula el movimiento de "unidades-vehículo-conductor" en una red. Cada conductor tiene su propio comportamiento asignado a un vehículo. Por lo tanto, el comportamiento de conducción se ajusta a las capacidades técnicas de su vehículo. Es posible clasificar las características de cada vehículo-conductor en tres categorías.:

- Especificación técnica del vehículo
 - Longitud
 - Velocidad máxima
 - Aceleración potencial
 - Posición actual en la red
 - Velocidad efectiva y aceleración
- Comportamiento de las unidades vehículo-conductor, por ejemplo:
 - Umbrales de sensibilidad psico-física del conductor (agresividad, capacidad de predicción)
 - Memoria del conductor
 - Aceleración basada en la velocidad actual y la velocidad deseada por el conductor
- Interdependencia de las unidades vehículo-conductor, por ejemplo:



- Referencia para liderar y seguir vehículos en los carriles e viaje propio y adyacentes
- Referencia del carril actual y la siguiente intersección
- Referencia hacia el semáforo siguiente.

Componente estático

Los datos estáticos representan la infraestructura vial. Incluyen:

- Tramos con puntos de inicio y fin, así como puntos opcionales intermedios; los tramos son segmentos direccionales con un número específico de carriles
- Los conectores entre tramos, p.ej. para modelar giros, cierre de carril e incorporación de carril
- Ubicación y longitud de paradas TP
- Posición de líneas de cabeza/pare de semáforos incluyendo una referencia para el grupo de señales asociado
- Posición y longitud de detectores
- Ubicación de los puntos de llamada TP (PTV AG, 2012)

Componente dinámico

La información dinámica es especificada solo para aplicaciones de simulación de tráfico

- Volúmenes de tráfico incluyendo vehículos mixtos (p.ej. porcentaje de camiones) para todos los tramos de entrada de la red
- Ubicación de puntos de decisión de ruta con rutas (secuencias de tramos a seguir), diferenciadas por tiempo y clasificación de vehículos
- Reglas de prioridad (derecho de vía) para modelar intersecciones no semaforizadas, giros permitidos en cruces semaforizados y zonas antibloqueo (yellow boxes).
- Ubicación de señales de pare
- Ruteo de transporte público, tiempos de despacho y tiempos de espera.(PTV AG, 2012)

Medidas de efectividad (MOE)

Para las medidas de efectividad, los elementos siguientes (entre otros) pueden ser codificados:

- Puntos de recolección de datos (mediciones locales, definibles por el usuario, p.ej. volumen de tráfico, aceleración y velocidad discriminada por clase de vehículo)
- Secciones de medición de tiempo de viaje y recolección de datos de demora

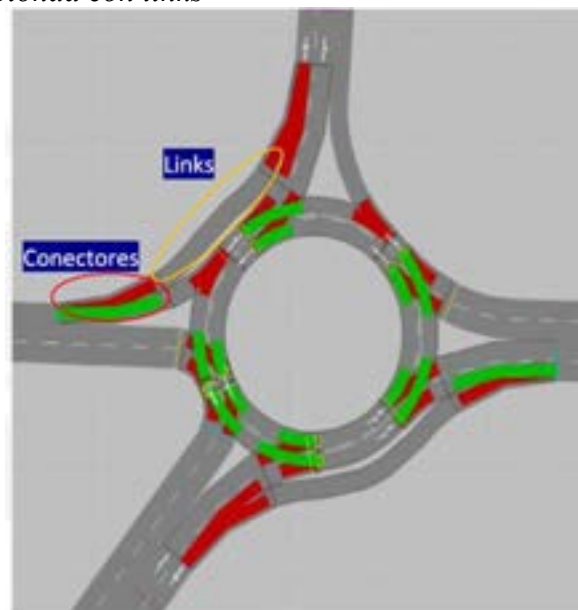
- Contadores de cola para estadísticas de longitud de cola

Link y conectores

La red vial está compuesta por enlaces y conectores, que son cruciales para la construcción de la infraestructura del modelo porque sirven como base para la representación del sistema de tráfico que se desea trabajar.

La creación de un modelo de microsimulación en el programa informático Vissim depende del propósito del análisis. Por ejemplo, un esquema de la señal de activación del tránsito lógica en una intersección será suficiente para evaluarla. Por otro lado, será necesario un modelado detallado de la zona de estudio si se desea realizar un análisis de operaciones de tráfico y evaluar su comportamiento. Citó por Wilber & Vargas, 2017.de Fellendorf & Vortisch, 2010

Figura 13 Modelo de rotonda con links



Fuente: Wilber & Vargas, 2017, p.14

Construcción de red de VISSIM

Tabla 8 Construcción de red en VISSIM

VISUM	VISSIM
Sistema de transporte	Tipo de vehículo y clase de vehículo
Nodo	
Tramo	Tramos (uno por segmento; p.ej. el inicio de un carril de giro crea un nuevo tramo con un carril adicional); tramos multi-carriles de acuerdo con la geometría, si aplica. Se puede crear múltiples conectores conectando los



Tabla 8 Construcción de red en VISSIM

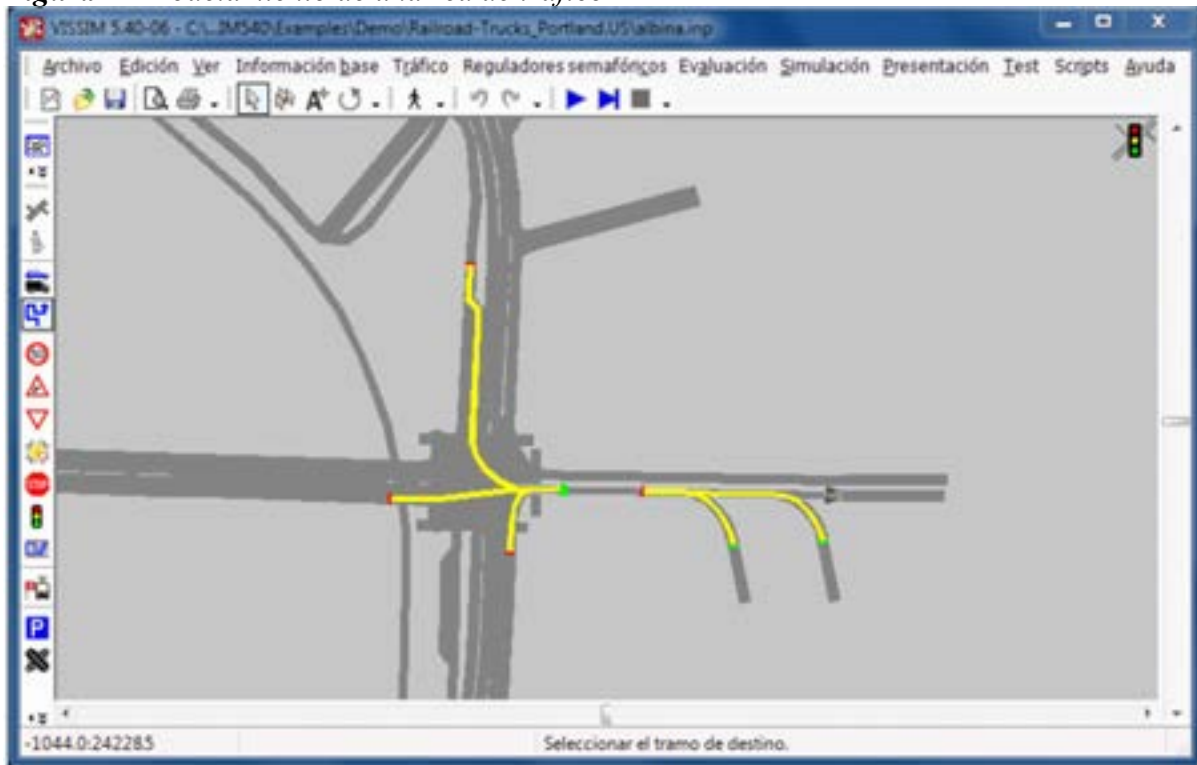
VISUM	VISSIM
	<p>mismos dos tramos y también conectores desde o hacia el mismo carril (éstos pueden ser exportados desde VISUM 11.0). La distancia de parada de emergencia para conectores representando giros en los nodos es ajustada a la longitud del carril de giro menos 10m. El tiempo de brecha frontal para un conflicto de un giro izquierdo y cruce peatonal paralelo es ajustado a 2.0 segundos. (De esta manera, los giros derechos opuestos con un tiempo de brecha frontal = 0.5 s deben iniciar antes que los giros izquierdos tan pronto como su área de conflicto ha sido despejada normalmente.</p>
Carril	<p>Carriles (con permiso específico por carril o restricción por tipo de vehículo) Si los carriles adyacentes ANM no tienen un tipo de vehículo común entonces se crean conectores paralelos separados de VISSIM (en lugar de un conector multi-carril combinado de VISSIM)</p>
Giro	<p>Conector, con un área de reducción de velocidad en caso de curvatura suficiente. Los movimientos de giro a la derecha en rojo son creados con señales de pare, cabeza de semáforo y zona de conflicto. Los giros de carriles múltiples desde un carril a varios carriles en el mismo tramo son permitidos</p>
Giros bloqueados para un sistema de transporte	<p>Restricciones de carril Nota: En VISSIM, la restricción de carril para un Sistema de Transporte específico es aplicada solo si en VISUM se ha definido una combinación de vehículo con este Sistema de Transporte asignado</p>
zona y conector	<p>Estacionamientos (para asignación dinámica) Entrada de vehículos y decisiones de ruta estática (para ruteo estático). Para los conectores de zona de VISSIM, ver a continuación En conectores desde/hacia tramos de VISSIM, que representan conectores de zona en el archivo ANM exportado desde VISUM, las áreas de conflicto son creadas, de tal manera que los vehículos entrando/saliendo de la red a través de estos tramos no interfieran con el tráfico "normal". Los tramos y conectores de VISSIM que representan conectores de zona en el archivo ANM desde VISUM son creados con la opción "Visualización" desactivada por defecto. De esta manera, los vehículos que circulan en ellos son invisibles.</p>
Atributo de tipo de tramo	<p>Un tipo de comportamiento de tramo es creado correspondientemente (No./Nombre) y uno de los tipos de presentación de tramo creados automáticamente es asignado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ANM Predeterminado • Paso peatonal (1 m antes de la línea de pare) • Conector de zona (tramo adicional)
Atributo de tramo V0-Pr	<p>Para conectores entre tramos, el tipo de comportamiento y el tipo de presentación del tramo origen es asignado. Distribución de velocidad deseada asignada a una decisión de velocidad deseada</p>
Puntos de parada	<p>Paradas TP cuya longitud y tipo (en vía/bahía) resultan de los parámetros que han sido configurados en VISUM para Exportación ANM de puntos de parada de transporte público</p>
Trayectos de vehículos de transporte público	<p>Líneas de bus/tranvía incluyendo los atributos opcionales de Telegrama TP para líneas TP. Si en VISUM dos trayectos de vehículos TP tienen diferentes ajustes de atributos de Vehicle Combinationo Telegram Line Sends PTTelegram, entonces estos trayectos serán asignados a líneas TP de VISSIM diferentes</p>
Controlador	<p>Intersecciones semaforizadas y grupos de señales</p>

Tabla 8 Construcción de red en VISSIM

VISUM	VISSIM
semafórico y grupos de señales	
Asignación de grupos de señales a carriles en el editor de intersecciones	Asignación de grupos de señales a cabezas de semáforo en carriles
Intervalo de tiempo	Periodo de evaluación para asignación dinámica
Tipo de control de nodo	Semáforos, señales de pare y áreas de conflicto
Detectores	Detectores incluyendo las clases de vehículo grabadas: En VISUM los detectores deben ser ubicados en los carriles correctos de los giros

Fuente: (PTV AG, 2012)

Figura 14 Modelamiento de una red de tráfico



Fuente: (PTV AG, 2012)

2.2.5. Velocidad

El término "velocidad" en general se refiere a la proporción entre la cantidad de espacio que se recorre y el tiempo que se tarda en recorrerlo. En otras palabras, representa la velocidad de un vehículo, generalmente expresada en kilómetros por hora. (Cal et al., 2007)

La velocidad es la distancia recorrida en un período de tiempo determinado. Por lo general, nos



importa mucho la velocidad del vehículo en el que viajan porque depende de ella la rapidez y prontitud con que puedan llegar al destino de su viaje, y en muchos casos su seguridad personal deja de ser importante. La velocidad generalmente se expresa en kilómetros por hora, o incluso en metros por segundo. (Cal et al., 2007)

Velocidad puntual.

Velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un punto de una vía. (Cal et al., 2007)

Velocidad de recorrido.

Es el cociente que resulta de dividir el espacio andado por un vehículo entre el tiempo que ha tardado en recorrerlo. Es realmente una velocidad media individual. (Cal et al., 2007)

Velocidad de marcha.

La relación entre la distancia que un vehículo ha recorrido y el tiempo que ha estado en movimiento al recorrer esa distancia. No tiene en cuenta la cantidad de tiempo que podría haber detenido el vehículo. Además, es una velocidad media individual. (Cal y col., 2007)

Para calcular la velocidad de un recorrido, se debe considerar todas las situaciones que impidan el paso de vehículos, como paradas y dispositivos de control. La máxima velocidad segura y cómoda que se puede mantener en un tramo determinado de una vía cuando las condiciones son tan favorables que las características geométricas de la vía predominan se conoce como velocidad de diseño. (Cal et al., 2007)

Velocidad de diseño

Es la velocidad elegida para el diseño, entendiéndose que será la velocidad más alta que se puede mantener con seguridad y comodidad en una sección específica de la carretera, siempre y cuando las condiciones sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

- 1) Para una velocidad de diseño, un tramo de carretera debe tener una longitud mínima de tres (3.0) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20



y 50 km/h) o cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).

2) La velocidad de diseño entre dos tramos contiguos no debe ser superior a 20 km/h.

Tabla 9 Rangos de Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

Clasificación por demanda	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase más de 6000 veh/día	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase hasta 6000 veh/día	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase hasta 4000 veh/día	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase hasta 2000 veh/día	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase hasta 400 veh/día	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 98) Tabla 204.01

2.2.6. Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera que es visible para que el conductor del vehículo pueda realizar con seguridad las diversas maniobras a las que se vea obligado o decida realizar. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)



$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \quad (6)$$

Donde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

a : Deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

Tabla 10 Distancia de visibilidad de parada

vel	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	33	33	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28
40	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36
50	65	64	62	61	60	59	58	57	56	56	55	54	53	53	52	51	51	50	50	49	49
60	90	88	86	84	82	81	90	78	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	66	65
70	119	116	113	110	108	105	103	101	99	97	96	94	92	91	90	88	87	86	85	84	83
80	152	147	143	140	136	133	130	127	124	122	120	117	115	113	112	110	108	107	105	104	102
90	189	183	178	173	168	141	141	156	153	150	147	144	141	139	136	134	132	130	128	126	124
100	229	221	204	207	201	196	191	186	181	177	173	169	166	162	159	156	154	151	148	146	144
110	282	272	262	253	246	238	231	225	219	214	209	204	199	195	191	187	184	180	177	174	171
120	343	330	318	306	296	287	278	270	262	255	249	243	237	232	227	222	217	213	209	205	202
130	413	396	380	366	353	341	330	320	311	302	294	286	279	272	266	260	255	249	244	240	235

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 106, figura 205.01)

Distancia de paso o adelantamiento

Es el mínimo necesario para permitir al conductor del vehículo sobrepasar an otro vehículo que viaja an una velocidad menor con comodidad y seguridad, sin alterar la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se puede ver cuando se inicia la maniobra de sobrepaso. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Solo las carreteras de dos carriles con tránsito en ambas direcciones deben tener en cuenta la distancia de visibilidad de adelantamiento cuando el adelantamiento ocurre en el carril opuesto. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)



Tabla 11 Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

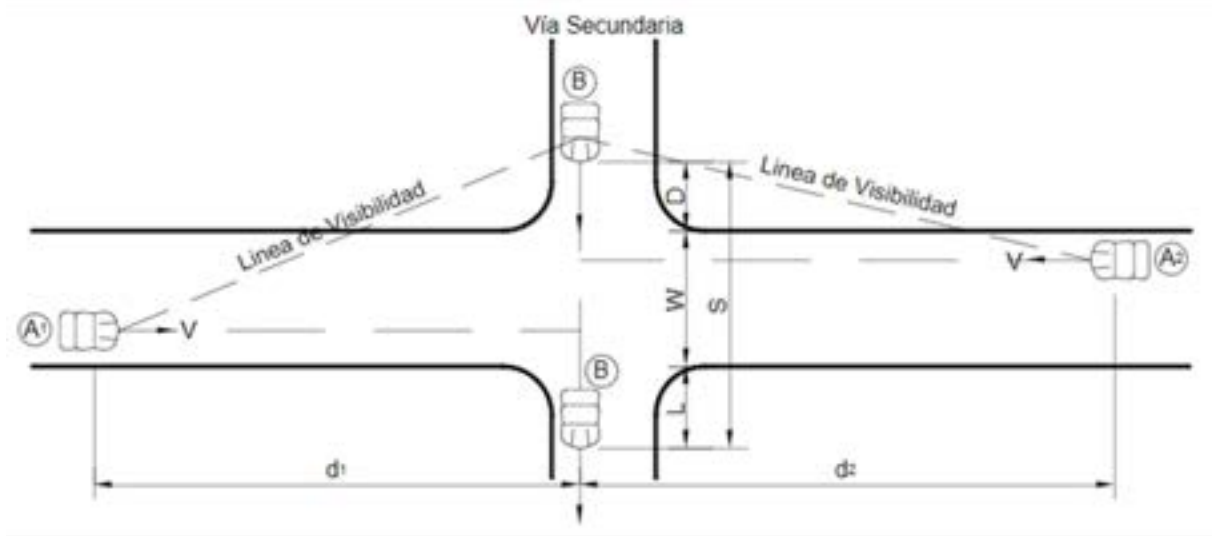
Velocidad específica en la tangente en la que se efectúa la maniobra	Velocidad del vehículo adelantado (Km/h)	Velocidad del vehículo que adelanta, V (Km/h)	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento D_A (m)	
			Calculada	Redondeada
20			130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018) Tabla 205.03

Distancia de visibilidad de cruce

La distancia de visibilidad de una maniobra de cruce de la vía principal por un vehículo detenido en la vía secundaria depende del tiempo que le toma a este vehículo cruzar la intersección y la distancia que recorre un vehículo sobre la vía principal a la velocidad de diseño al mismo tiempo. (2018, p. 113)

Figura 15 Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 113 Figura 205.04)

El tiempo t_1 es el tiempo necesario para que el conductor de un vehículo detenido por un "PARE" sobre la vía secundaria vea en ambas direcciones sobre la vía principal y deduzca si dispone del espacio suficiente para cruzarla con seguridad.

La aceleración de cada vehículo determina el tiempo t_2 necesario para recorrer la distancia S.

La distancia S se calcula como la suma de:

$$S = D + W + L \quad 7$$

D: Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3m).

W: Ancho de la vía principal, m

L: Longitud total del vehículo, m

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(D + W + L)}{9.8a}} \quad 8$$

D: Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3m).

W: Ancho de la vía principal, m



L: Longitud total del vehículo, m

- 20.50 m para vehículos articulados (tracto camión con semirremolque)
- 12.30 m para camión de dos ejes
- 5.80 m para vehículos livianos

'a: Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s^2

- 0.055 para vehículos articulados
- 0.075 para camiones de dos ejes (2)
- 0.150 para vehículos livianos

2.2.7. Medidas De Eficiencia

Los niveles de servicio para cada tipo de vía se determinan utilizando uno o más parámetros que mejor describen la calidad operativa del tipo de vía en estudio. El concepto de nivel de servicio intenta abarcar una amplia gama de condiciones de funcionamiento, pero las limitaciones en la toma de datos y su disponibilidad hacen poco práctico el tratamiento de todos los parámetros operativos en todos los tipos de vía. Las "medidas de eficacia" son los parámetros elegidos para determinar los niveles de servicio en cada tipo de vía y representan las medidas disponibles que mejor describen la calidad de funcionamiento del tipo de estructura o vía en estudio. (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 12 *Medidas de eficacia para la definición de nivel de servicio*

<i>Tipo de vía</i>	<i>Medida de eficiencia</i>
Autopistas	
Segmentos básicos de autopista	Densidad (vl/km/c)
Tramo de trenzado	Velocidad media de recorrido (km/h)
Intersecciones de ramales	Intensidades (vl/h)
Carreteras multicarril	Densidad (vl/km/c)
Carreteras de dos carriles	Demora porcentual (%)
	Velocidad media de recorrido (km/h)
Intersecciones semaforizadas	Demora media individual en parada (sg/vl)
Intersecciones no semaforizadas	Capacidad en reserva (vl/h)

Tabla 12 Medidas de eficacia para la definición de nivel de servicio

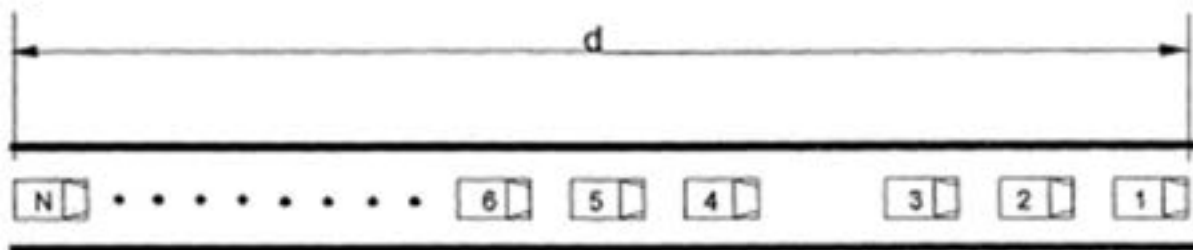
<i>Tipo de vía</i>	<i>Medida de eficiencia</i>
Arterias	Velocidad media de recorrido (Km/h)
Transporte colectivo	Factor de carga (pers./asiento)
Peatones	Espacio (m ² /pt)

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Densidad

Se define como el número de vehículos que ocupan un tramo de longitud específico de un carril o carretera en un momento específico, promediado entre esta longitud, en unidades generalmente de vehículos por kilómetro (v/Km). Es un factor importante para describir las operaciones de tráfico. refleja la libertad de maniobra dentro de la corriente de tráfico y describe la proximidad entre los vehículos.

Figura 16. Densidad o concentración



Fuente: (Cal et al., 2007)

Es complicado realizar una medición directa de la densidad en el campo, ya que se requiere disponer de una posición elevada desde la cual se puedan capturar imágenes, grabar videos o visualizar extensos tramos de vía.

2.2.8. Capacidad y nivel de servicio

El concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo vehicular. Es una evaluación cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de vehículos y cómo lo ven los motoristas y/o pasajeros. Los factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial describen



estas condiciones. (Cal et al., 2007)

El de acuerdo (MTC Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018) a La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A, B, C y D). Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel F

- **Nivel A:** Se ajusta a las condiciones de libre flujo de vehículos. Las maniobras de conducción están únicamente influenciadas por las características geométricas de la carretera y las decisiones del conductor y no están afectadas por la presencia de otros vehículos. Este nivel de servicio brinda al conductor comodidad física y psicológica. Las interrupciones de circulación menores pueden ser amortiguadas fácilmente sin alterar la velocidad de circulación.
- **Nivel B:** Indica buenas condiciones de libre circulación, aunque la presencia de vehículos que viajan a menor velocidad puede afectar an aquellos que viajan a mayor velocidad. Aunque las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el nivel A, los conductores tienen menos libertad de maniobra. Los deterioros locales del nivel de servicio pueden ser mayores que en el nivel anterior, pero las interrupciones menores son todavía fácilmente absorbibles.
- **Nivel C:** En este nivel, el ajuste de velocidad se determina por la influencia de la densidad de tráfico en la circulación de vehículos. La presencia de grupos de vehículos reduce la capacidad de maniobra y las posibilidades de adelantamiento. En las carreteras con más de un carril, los vehículos circulan a mayor velocidad. En las carreteras con múltiples carriles y velocidades superiores a 80 km/h, se disminuirá el libre flujo sin detener el tránsito en su totalidad. Cualquier interrupción significativa del tráfico puede causar colas de vehículos y las interrupciones menores pueden causar deterioro local en el nivel de servicio.
- **Nivel D:** Debido a la congestión del tránsito, que puede resultar en detención, la capacidad de maniobra se ve severamente restringida. El aumento de la densidad de vehículos reduce la velocidad de viaje y crea colas que impiden el adelantamiento an otros vehículos. Sin formación de colas ni deterioro del servicio, solo las interrupciones menores pueden ser atendidas.
- **Nivel E:** La capacidad de la carretera está limitada por la intensidad de la circulación de vehículos. Los vehículos son operados con poco espacio entre ellos para mantener



una velocidad constante. Las interrupciones no pueden ser eliminadas de inmediato y frecuentemente provocan colas, que conducen a una degradación del nivel de servicio hasta el nivel F. Los vehículos desarrollan velocidades menores, que son variables e impredecibles, en carreteras de varios carriles con velocidad de flujo libre entre 70 y 100 km/h.

- **Nivel F:** Cuando la intensidad del flujo vehicular (demanda) supera la capacidad de la carretera, el flujo se presenta forzado y de alta congestión en este nivel. En estas circunstancias, se producen colas en las que se producen movimientos breves seguidos de paradas. Es importante tener en cuenta que el nivel F se utiliza para describir tanto el punto de colapso como las condiciones de operación dentro de la cola del vehículo.

Metodología del HCM 2016 para carreteras de dos carriles

Medidas de eficiencia en carreteras de dos carriles

Según el (Transportation Research Board, 2010) se agregaron tres medidas de eficacia a la metodología HCM 2016 para determinar los niveles de servicio para automóviles debido a la gran cantidad de situaciones en las que se pueden encontrar carreteras de dos carriles.

1. **Velocidad promedio de viaje (Average Travel Speed, ATS):** refleja la movilidad en una carretera de dos carriles. Se calcula dividiendo la longitud del camino por el promedio del tiempo de viaje que tarda en recorrer este área.
2. **Porcentaje de tiempo usado viajando en colas (Percent Time Spent Following, PTSF):** Representa la comodidad, la libertad de maniobra y la comodidad del viaje. Es el promedio del tiempo que los vehículos deben permanecer en fila detrás de los vehículos más lentos debido a su incapacidad para adelantar. Debido a que esta característica es difícil de medir en el campo, una medida sustitutiva es el porcentaje de vehículos que circulen a menos de 3,0 segundos en un lugar representativo en el segmento de la carretera. También representa el porcentaje aproximado de vehículos que viajan en colas.
3. **Porcentaje de la velocidad a flujo libre (Percent of Free Flow Speed, PFFS)**



Representa la capacidad de los vehículos para viajar cerca o a la velocidad límite.

Las restricciones de paso afectan la velocidad y la demora de los conductores en carreteras Clase I de dos carriles. Por lo tanto, el nivel de servicio en estas carreteras se define en términos de ATS y PTSF. Los conductores no se preocupan por la velocidad en las carreteras Clase II. Por lo tanto, el nivel de servicio en estas carreteras se define únicamente en términos de PTSF. No se espera que las carreteras de Clase III alcancen velocidades altas. Las restricciones de paso tampoco son un problema debido a que las longitudes de los tramos suelen ser cortas. En estos casos, los conductores prefieren conducir a una velocidad constante o a una velocidad cercana al límite de velocidad. Por lo tanto, para determinar los niveles de servicio en estas carreteras, se utiliza el porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS). (Transportation Research Board, 2010)

Sin embargo, dos características tienen un impacto significativo en las operaciones reales y las percepciones del servicio del conductor:

1. **Capacidad de adelantamiento:** En carreteras de dos carriles, las maniobras de paso se desarrollan en el carril de la dirección opuesta del flujo, por lo que la posibilidad de paso se limita al porcentaje del flujo opuesto y a la distribución de brechas en el flujo opuesto.
2. **Demanda de adelantamiento:** La demanda de maniobras de adelantamiento aumenta con la formación de pelotones y el aumento de demoras por adelantamiento (PTSF) en una dirección dada. A medida que aumenta el número de conductores que se adelantan a un vehículo lento, también desearán realizar más maniobras de adelantamiento.

Los porcentajes de flujo están relacionados tanto con la demanda de paso como con la capacidad de avance. Se establece una tendencia complicada si aumenta el flujo en ambas direcciones: La capacidad de adelantamiento disminuye a medida que aumenta la demanda de adelantamiento.



(Transportation Research Board, 2010)

Procedimiento Metodológico

La presente técnica crea un análisis operacional para tramos de carreteras de dos carriles que pueden analizarse por separado en ambas direcciones para obtener una estimación completa de las condiciones de funcionamiento. Este enfoque incluye el análisis de:

- Tramos direccionales en terreno general (plano u ondulado),
- Tramos direccionales en pendientes específicas,
- Tramos direccionales incluyendo carriles de adelantamiento.

Todo tramo de terreno montañoso que tenga más del 3% de pendiente y que tenga una longitud superior a 970 m (0,60 millas) debe ser analizado como pendiente específica para este análisis.

Los niveles de servicio en un tramo direccional uniforme se determinan generalmente mediante estimaciones de medidas de eficacia que incluyen los niveles de servicio, la velocidad promedio de viaje, el porcentaje de tiempo usado en colas y el porcentaje de velocidad a flujo libre. (ATS, PTSF, PFFS). (Transportation Research Board, 2010)

Limitaciones de la metodología

Según (Transportation Research Board, 2010) esta metodología no considera carreteras de dos carriles con intersecciones semaforizadas, ni carreteras de dos carriles en áreas urbanas y suburbanas con múltiples intersecciones semaforizadas a dos o menos millas de distancia entre ellas (3,22 km o menos).

Procedimiento metodológico

A continuación, se muestran los pasos fundamentales de la técnica de carreteras de dos carriles.

Debido a que cada una de las tres clases de carreteras utiliza una medida de eficacia diferente para evaluar los niveles de servicio, no se aplican todos los pasos a cada clase de carretera.

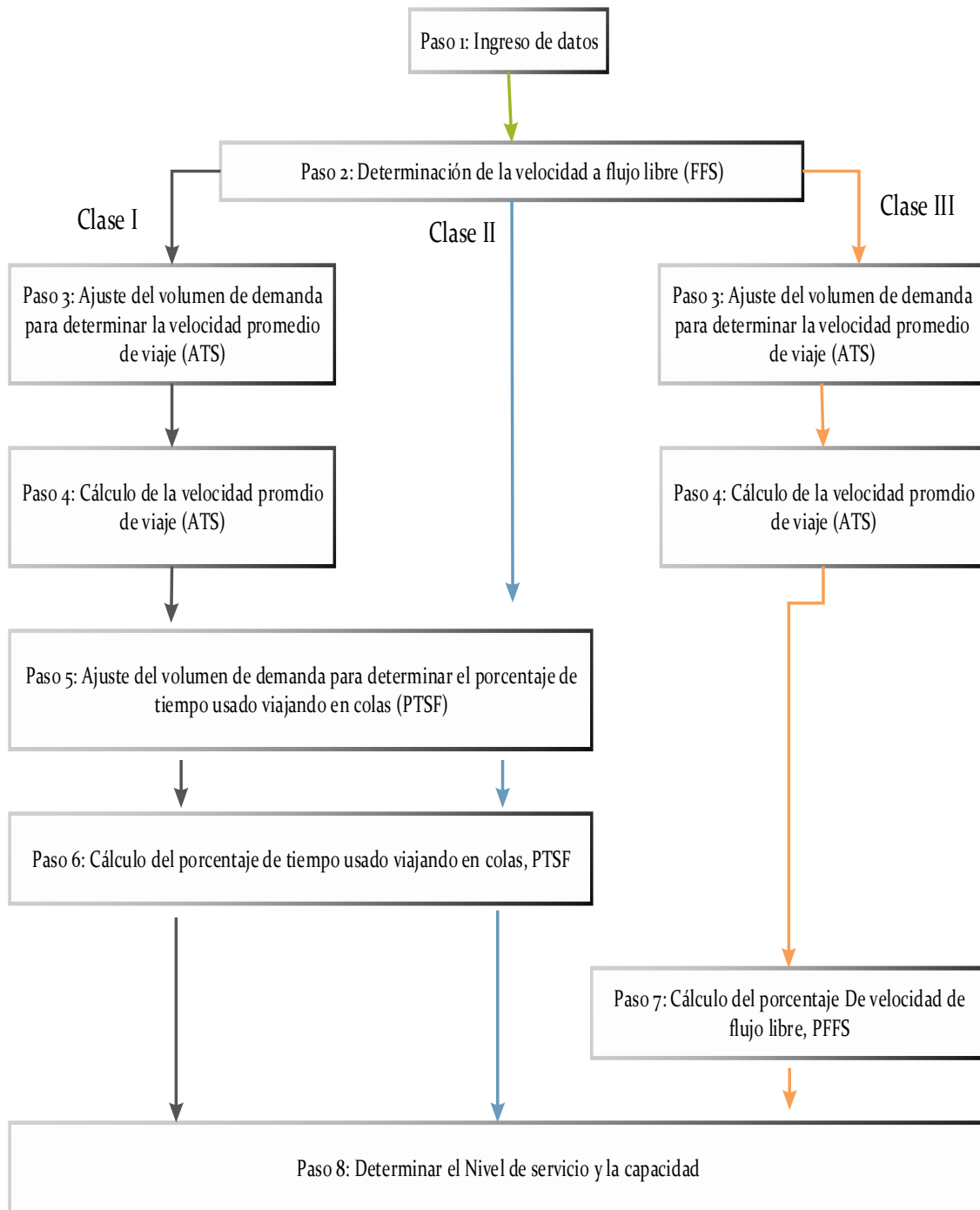
Se debe tener en cuenta que el paso computacional para estimar la velocidad promedio de viaje ATS solo se aplica a carreteras Clase I y Clase III, mientras que el paso computacional para estimar el porcentaje de tiempo usado viajando en colas (PTSF) solo se aplica a carreteras Clase



I y Clase II. La estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS) solo se aplica a la Clase III. (Transportation Research Board, 2010)



Figura 17 Flujoograma de metodología del HCM 2016 para carreteras de dos carriles



Fuente: Adaptado del HCM,2010



Paso 1: Datos de ingreso

Tabla 13 Factor de conversión

Unidades ingles	Factor de conversión	Unidades métricas
Pulgadas (in)	25.4	mm
Pies (ft)	0.3048	m
Yarda (yd)	0.9144	m
Millas por hora (mi/h)	1.609	Km/h

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 14 Datos de entrada necesarios por el HCM 2016 en carreteras de dos carriles

Datos necesarios	Valores recomendados por defecto
Datos geométricos	
Clasificación de carretera según el HCM 2016	Especificado
Tipo de Terreno	Plano u Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	Especificado
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	Clase I y II: 8/mi, Clase III: 16/mi
Porcentaje de zona de no rebase (%)	Plano: 20% Ondulado: 40% Escarpada: 80%
Ancho de carril (m)	3.66 m (12 ft)
Ancho de berma (m)	1.83 m (06 ft)
Velocidad de diseño	Límite de velocidad +16.09 Km/h (10 mi/h)
Datos de tránsito	
volumen horario de vehículo	Especificado
duración del periodo de análisis	15 min
Factor de hora punta (PHF)	0.88
División direccional	60/40
Porcentaje de vehículos pesados	6% camiones

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

El tiempo de análisis recomendado del HCM es de 15 minutos en términos de datos de demanda, aunque pueden examinarse períodos más largos. El factor de hora pico (PHF) es normal, pero puede variar significativamente según las condiciones locales de generación de viajes. (Transportation Research Board, 2010)

Paso 2: Determinación de la velocidad a flujo libre (FFS)

Medición directa en campo

La medición directa de campo en el tramo de carretera es preferible. Si es necesario analizar



ambas direcciones, se deben analizar y recopilar datos en cada una, pero solo en la dirección analizada se deben tomar medidas. Cada medición direccional debe basarse en una muestra aleatoria de 100 velocidades de vehículos. La velocidad media en condiciones de baja demanda (es decir, cuando el flujo de vehículos en ambos sentidos es menor o igual a 200 vehículos por hora) es el FFS. Se pueden utilizar los datos de un tramo similar si no se puede realizar la medición directa en campo. (Transportation Research Board, 2010)

Medición directa en campo con altos flujos vehiculares

Cuando el flujo vehicular es mayor a 200 veh/h se debe realizar ajustes, cada dirección debe incluir al menos 100 velocidades observada, donde la velocidad media se ajusta

$$FFS = S_{FM} + 0.00776 \left(\frac{v}{f_{hv,ATS}} \right) \quad (9)$$

Donde:

FFS : Velocidad a flujo libre (mi/h)

S_{FM} : Promedio de velocidad de muestra ($v > 200 veh/h$) (mi/h)

v : Volumen de demanda total, en ambas direcciones, durante el período de mediciones de velocidad (veh/h)

$f_{hv,ATS}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (ATS)

Paso 3: Ajuste del volumen de demanda por la velocidad promedio (ATS)

Solo las carreteras de Clase I y III están sujetas al ajuste de la velocidad promedio de viaje. La velocidad promedio no es la base para los niveles de servicio de carreteras Clase II.

Bajo condiciones ideales, los volúmenes de demanda en ambas direcciones (dirección de análisis y dirección opuesta) deben convertirse en una tasa de flujo vehicular equivalente.

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS}} \quad (10)$$

Donde:

$v_{i,ATS}$: Volumen de demanda ajustado para ATS (veh/h)



- i : (d) dirección de análisis & (o) dirección opuesta
 PHF : Factor de hora punta (pico)
 V_i : Volumen horario de máxima demanda para la dirección analizada (veh/h)
 $f_{g,ATS}$: Factor de ajuste por pendiente

$f_{hv,ATS}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (ATS)

Factor de ajuste por pendiente para (ATS)

Indica que el factor de ajuste por pendiente depende del tipo de terreno, divididos en:

- Tramos $\geq 3+220$ Km (2 mi) / Terreno plano
- Tramos $\geq 3+220$ Km (2 mi) / Terreno ondulado
- Pendiente específica en ascenso
- Pendiente específica en descenso

Dependiendo de la dirección del análisis, cualquier tramo con una pendiente del 3% o más en una longitud de 0+970 Km (0.6 millas) o más debe analizarse como una pendiente específica de ascenso o descenso.

La siguiente tabla muestra los factores de ajuste para terrenos planos u ondulados y descensos específicos.

El volumen de demanda en la dirección de análisis de dirección V_{vph} expresado en vehículos por hora se utilizará como dato de ingreso.

Tabla 15 Factores de ajuste por la pendiente (ATS) en terreno general o descensos específicos

Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)	Terreno plano y descensos específicos	Terrenos ondulados
≤ 100	1.00	0.67
200	1.00	0.75
300	1.00	0.83
400	1.00	0.90
500	1.00	0.95
600	1.00	0.97
700	1.00	0.98
800	1.00	0.99
≥ 900	1.00	1.00



Tabla 15 Factores de ajuste por la pendiente (ATS) en terreno general o descensos específicos

Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)	Terreno plano y descensos específicos	Terrenos ondulados
--	---------------------------------------	--------------------

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Dado que este tipo de terreno se encuentra en condiciones de base, se debe tener en cuenta que el factor de ajuste para este tipo de terreno es de 1,00. Para los factores de ajuste, se consideran tramos de descenso específicos como terreno plano. (Transportation Research Board, 2010)

Los factores de ajuste para ascensos particulares se muestran a continuación. En carreteras de dos carriles, los tramos de ascenso tienen efectos negativos a medida que aumenta la pendiente y la longitud del tramo. Sin embargo, a medida que aumenta la tasa de flujo, el impacto disminuye. Las velocidades son más bajas a mayores tasas de flujo y el impacto adicional por ascensos es menos severo. (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 16 Factor de ajuste por la pendiente para (ATS) en ascensos específicos

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≥ 3 p < 3.50	0.25	0.78	0.84	0.87	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50	0.75	0.83	0.86	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.75	0.73	0.81	0.85	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.00	0.73	0.79	0.83	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.50	0.73	0.79	0.83	0.87	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
	2.00	0.73	0.79	0.82	0.86	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00
	3.00	0.73	0.78	0.82	0.85	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98
	≥ 4.00	0.73	0.78	0.81	0.85	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96
≥ 3.5 p < 4.50	0.25	0.75	0.89	0.86	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50	0.72	0.80	0.84	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.75	0.67	0.77	0.81	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.00	0.65	0.73	0.77	0.81	0.94	0.95	0.97	1.00	1.00
	1.50	0.63	0.72	0.76	0.80	0.93	0.95	0.96	1.00	1.00
	2.00	0.62	0.70	0.84	0.79	0.93	0.94	0.96	1.00	1.00
	3.00	0.61	0.69	0.84	0.75	0.92	0.93	0.94	0.98	1.00
	≥ 4.00	0.61	0.69	0.73	0.75	0.91	0.91	0.92	0.96	1.00
≥ 4.5 p < 5.50	0.25	0.71	0.79	0.83	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50	0.60	0.70	0.87	0.79	0.94	0.95	0.97	1.00	1.00
	0.75	0.55	0.65	0.70	0.75	0.94	0.93	0.95	1.00	1.00
	1.00	0.51	0.64	0.69	0.74	0.94	0.93	0.95	1.00	1.00



Tabla 16 Factor de ajuste por la pendiente para (ATS) en ascensos específicos

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
	1.50	0.52	0.62	0.67	0.72	0.88	0.90	0.93	1.00	1.00
	2.00	0.51	0.61	0.66	0.71	0.87	0.89	0.92	0.99	1.00
	3.00	0.51	0.61	0.65	0.70	0.86	0.88	0.91	0.98	0.99
	≥ 4.00	0.51	0.60	0.65	0.69	0.84	0.86	0.88	0.95	0.97
	0.25	0.57	0.68	0.72	0.77	0.93	0.94	0.96	1.00	1.00
	0.50	0.52	0.62	0.66	0.71	0.87	0.90	0.92	1.00	1.00
	0.75	0.49	0.57	0.62	0.68	0.85	0.88	0.90	1.00	1.00
	1.00	0.46	0.56	0.60	0.65	0.82	0.85	0.88	1.00	1.00
≥ 5.5 p < 6.50	1.50	0.44	0.54	0.59	0.64	0.81	0.84	0.87	0.98	1.00
	2.00	0.43	0.53	0.58	0.63	0.81	0.83	0.86	0.97	0.99
	3.00	0.41	0.51	0.56	0.61	0.79	0.82	0.85	0.97	0.99
	≥ 4.00	0.40	0.50	0.55	0.60	0.79	0.82	0.85	0.97	0.99
≥ 6.50	0.25	0.54	0.64	0.68	0.73	0.88	0.90	0.92	1.00	1.00
	0.50	0.43	0.53	0.57	0.62	0.79	0.82	0.85	0.98	1.00
	0.75	0.39	0.49	0.54	0.59	0.77	0.80	0.83	0.96	1.00
	1.00	0.37	0.45	0.50	0.54	0.74	0.77	0.81	0.96	1.00
	1.50	0.35	0.45	0.49	0.54	0.71	0.75	0.79	0.96	1.00
	2.00	0.34	0.44	0.48	0.53	0.71	0.74	0.78	0.94	0.99
	3.00	0.34	0.44	0.48	0.53	0.70	0.73	0.77	0.93	0.98
	≥ 4.00	0.33	0.43	0.47	0.52	0.70	0.73	0.77	0.91	0.95

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados (ATS)

Las condiciones básicas de las carreteras de dos carriles requieren que el cien por ciento de los vehículos sean ligeros (Transportation Research Board, 2010). Además, la presencia de vehículos pesados en el flujo de tráfico reduce el ATS, por lo que se requieren los cambios necesarios. Se requieren dos pasos para determinar el factor de ajuste para vehículos pesados:

- Se determina el factor de equivalencia de vehículos ligeros para los camiones E_T y los vehículos recreacionales E_R
- Se calcula el factor de ajuste por vehículos pesados

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (11)$$

Donde:

$f_{hv,ATS}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (ATS)



P_T : Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal)

P_R : Porcentaje de vehículos recreacionales en el flujo vehicular (decimal)

E_T : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados

E_R : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para recreativos

El número de vehículos desplazados del flujo vehicular por un camión o vehículo recreativo es el factor de equivalencia entre vehículos pesados y vehículos recreativos. Estos elementos se describen para diferentes situaciones:

- Tramos largos de terreno plano u ondulado
- Pendientes específicas de ascenso
- Pendientes específicas de descenso

Tabla 17 Factor de equivalencia de vehículos pesados y recreacionales en terreno general y descensos específicos para ATS

Tipo de vehículos	Volumen de demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		plano y pendientes descendentes	Ondulado
Pesados, ET	≤ 100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2.0
	500	1.2	1.8
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
	800	1.1	1.4
	≥ 900	1.0	1.3
Recreativos, ER	Todos	1.0	1.1

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

A continuación, las tablas para vehículos recreativos y camiones, en pendientes de ascenso específicas.

Tabla 18 Factor de equivalencia de vehículos recreacionales (E_R) en ascensos específicos para ATS

Pendiente	Longitud de pendiente (mi)	Volumen de demanda, Ven una dirección (veh/h)									
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900	
≥ 3 p < 3.50	≤ 0.25	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	
	$0.25 > L \leq 0.75$	1.2	1.2	1.1	1.1	1	1	1	1	1	
	$0.75 > L \leq 1.25$	1.3	1.2	1.2	1.1	1	1	1	1	1	



Tabla 18 Factor de equivalencia de vehículos recreacionales (E_R) en ascensos específicos para ATS

Pendiente	Longitud de pendiente (mi)	Volumen de demanda, Ven una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
	1.25 > L ≤ 2.25	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1
	> 2.25	1.5	1.4	1.3	1.2	1	1	1	1	1
	≤ 0.75	1.3	1.2	1.2	1.1	1	1	1	1	1
≥ 3.5 p < 4.50	0.75 > L ≤ 3.50	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1
	> 3.50	1.5	1.4	1.3	1.2	1	1	1	1	1
	≤ 2.50	1.5	1.4	1.3	1.2	1	1	1	1	1
≥ 4.5 p < 5.50	> 2.50	1.6	1.5	1.4	1.2	1	1	1	1	1
	≤ 0.75	1.6	1.4	1.3	1.1	1	1	1	1	1
	0.75 > L ≤ 2.50	1.6	1.5	1.4	1.2	1	1	1	1	1
≥ 5.5 p < 6.50	2.50 > L ≤ 3.50	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1
	> 3.50	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
	≤ 2.50	1.6	1.5	1.4	1.2	1	1	1	1	1
	1.5	1.6	1.5	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1
≥ 6.50	> 3.50	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 19 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_T) en ascensos específicos para ATS

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≥ 3 p < 3.50	0.25	2.6	2.4	2.3	2.2	1.8	1.8	1.7	1.3	1.1
	0.50	3.7	3.4	3.3	3.2	2.7	2.6	2.6	2.3	2.0
	0.75	4.6	4.4	4.3	4.2	3.7	3.6	3.4	2.4	1.9
	1.00	5.2	5.0	4.9	4.9	4.4	4.2	4.1	3.0	1.6
	1.50	6.2	6.0	5.9	5.8	5.3	5.0	4.8	3.6	2.9
	2.00	7.3	6.9	6.7	6.5	5.7	5.5	5.3	4.1	3.5
	3.00	8.4	8.0	7.7	7.5	6.5	6.2	6.0	4.6	3.9
≥ 4.00	9.4	8.8	8.6	8.3	7.2	6.9	6.6	4.8	3.7	
≥ 3.5 p < 4.50	0.25	3.8	3.4	3.2	3.0	2.3	2.2	2.2	1.7	1.5
	0.50	5.5	5.3	5.1	5.0	4.4	4.2	4.0	2.8	2.2
	0.75	6.5	6.4	6.5	6.5	6.3	5.9	5.6	3.6	2.6
	1.00	7.9	7.6	7.4	7.3	6.7	6.6	6.4	5.3	4.7
	1.50	9.6	9.2	9.0	8.9	8.1	7.9	7.7	6.5	5.9
	2.00	10.3	10.1	10.0	9.9	9.4	9.1	8.9	7.4	6.7
	3.00	11.4	11.3	11.2	11.2	10.7	10.3	10.0	8.0	7.0



Tabla 19 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_T) en ascensos específicos para ATS

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≥ 4.5 p < 5.50	≥ 4.00	12.4	12.2	12.2	12.1	11.5	11.2	10.8	8.6	7.5
	0.25	4.4	4.0	3.7	3.5	2.7	2.7	2.7	2.6	2.5
	0.50	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9	5.7	5.6	4.6	4.2
	0.75	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	1.00	9.2	9.2	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	8.9	8.8
	1.50	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.4	10.4	10.2	10.1
	2.00	11.8	11.8	11.8	11.8	11.6	11.6	11.5	11.1	10.9
	3.00	13.7	13.7	13.6	13.6	13.3	13.1	13.0	11.9	11.3
≥ 5.5 p < 6.50	≥ 4.00	15.3	15.3	15.2	15.2	14.6	14.2	13.8	11.3	10.0
	0.25	4.8	4.6	4.5	4.4	4.0	3.9	3.8	3.2	2.9
	0.50	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
	0.75	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
	1.00	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.1
	1.50	11.9	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.8	11.7	11.6
	2.00	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.7	12.7	12.6	12.5
	3.00	14.4	14.4	14.4	14.4	14.3	14.3	14.3	14.2	14.1
≥ 6.50	≥ 4.00	15.4	15.4	15.3	15.3	15.2	15.1	15.1	14.9	14.8
	0.25	5.1	5.1	5.0	5.0	4.8	4.7	4.7	4.5	4.4
	0.50	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
	0.75	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
	1.00	10.4	104	104	104	104	104	104	103	10.2
	1.50	12.0	120	120	120	119	119	119	118	11.7
	2.00	12.9	129	129	129	128	128	128	127	12.6
	3.00	14.5	145	145	145	144	144	144	143	14.2
≥ 4.00	15.4	154	154	154	153	153	153	152	15.1	

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Factor de ajuste en descenso por desplazamiento de vehículos pesados a velocidad lenta (ATS)

Cualquier pendiente de descenso del 3% o más en una distancia de 0+970 Km (0.6 mi) se considera pendiente específica. Si la pendiente es variable, se debe analizar como una pendiente compuesta utilizando el promedio ponderado de la pendiente y expresando el resultado como un porcentaje.

La mayoría de las caídas se consideran terreno plano para análisis. Sin embargo, hay pendientes de descenso lo suficientemente graves como para obligar a algunos camiones a desacelerar.



Dado que el sistema de frenado normal no sería suficiente para desacelerar o detener el vehículo que ha ganado demasiada velocidad por la pendiente, en tal caso, el conductor del camión se ve obligado a operar utilizando el freno del motor. Aparte de la observación directa de la operación de vehículos pesados, no hay pautas generales para determinar cuándo o dónde ocurrirán estas situaciones. (Transportation Research Board, 2010)

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_{TC}(E_{TC} - 1) + P_T(1 - P_{TC})(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (12)$$

Donde:

$f_{hv,ATS}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (ATS)

P_{TC} : Porcentaje de camiones operando a velocidad lenta (decimal)

E_{TC} : Factor de equivalencia para camiones que operan a velocidad lenta(decimal)

E_T : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados

E_R : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para recreativos

Tabla 20 Factor de equivalencia para camiones en descenso que operan a velocidad lenta E_{TC}

Diferencia entre FFS y velocidad lenta de V. Pesados (mi/h)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
	≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≤ 0.15	4.7	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1	1
20	9.9	8.7	7.8	6.7	5.8	4.9	4	2.7	1
25	15.1	13.5	12	10.4	9	7.7	6.4	5.1	3.8
30	22	19.8	17.5	15.6	13.1	11.6	9.2	6.1	4.1
35	29	26	23.1	20.1	17.3	14.6	11.9	9.2	6.5
≥ 40	35.9	32.3	28.6	24.9	21.4	18.1	14.7	11.3	7.9

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 4: Calculo de la velocidad promedio de viaje (ATS)

Como en el Paso 3, este paso se aplica solo a las carreteras Clase I y Clase III, y el ATS se calcula a partir de la velocidad a flujo libre (FFS). En la dirección de análisis, el volumen de demanda ajustado, el volumen de demanda ajustado opuesto y el porcentaje de zonas de no rebase. (Transportation Research Board, 2010)



$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \quad (13)$$

Donde:

ATS_d : Velocidad promedio de viaje en la dirección analizada (mi/h)

FFS : Velocidad flujo libre (mi/h)

$v_{d,ATS}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base para determinar ATS en la dirección de análisis (pc/h)

$v_{o,ATS}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base para determinar ATS en la dirección de análisis (pc/h)

$f_{np,ATS}$: Factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis

Tabla 21 Factores de ajuste por zonas de no rebase para ATS ($F_{np,ATS}$)

Volumen de demanda ajustado opuesto v_o (veh/h)	Porcentaje de zonas de no rebase				
	≤20	40	60	80	100
FPS ≥ 65 mi/h					
≤100	1.1	2.2	2.8	0.3	3.1
200	2.2	3.3	3.9	0.4	4.2
400	1.6	2.3	2.7	2.8	2.9
600	1.4	1.5	1.7	1.9	0.2
800	0.7	1.0	1.2	1.4	1.5
1000	0.6	0.8	1.1	1.1	1.2
1200	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
1400	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9
≥1600	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
FPS ≥ 60 mi/h					
≤100	0.7	1.7	2.5	2.8	2.9
200	1.9	2.9	3.7	0.4	4.2
400	1.4	0.2	2.5	2.7	3.9
600	1.1	1.3	1.6	1.9	0.2
800	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4
1000	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2
1200	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1
1400	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
≥1600	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
FPS ≥ 55 mi/h					
≤100	0.5	1.2	2.2	2.6	2.7
200	1.5	2.4	3.5	3.9	4.1
400	1.3	1.9	2.4	2.7	2.8
600	0.9	1.1	1.6	1.8	1.9
800	0.5	0.7	1.1	1.2	1.4



Tabla 21 Factores de ajuste por zonas de no rebase para ATS ($F_{np,ATS}$)

Volumen de demanda ajustado opuesto v_o (veh/h)	Porcentaje de zonas de no rebase				
	≤ 20	40	60	80	100
1000	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
1200	0.5	0.6	0.7	0.9	0.1
1400	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9
≥ 1600	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
FPS ≥ 50 mi/h					
≤ 100	0.2	0.7	1.9	2.4	2.5
200	1.2	0.2	3.3	3.9	0.4
400	1.1	1.6	2.2	2.6	2.7
600	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9
800	0.4	0.6	0.9	1.2	1.3
1000	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1
1200	0.4	0.4	0.7	0.8	0.1
1400	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
≥ 1600	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
FPS ≤ 45 mi/h					
≤ 100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
200	0.9	1.6	3.1	3.8	0.4
400	0.9	0.5	0.2	2.5	2.7
600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
1000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
1200	0.3	0.3	0.6	0.7	0.1
1400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
≥ 1600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

La Tabla 21 utiliza el volumen de demanda ajustado del flujo opuesto (v_o) de vehículos por hora. En este punto del proceso de cálculo, los volúmenes de demanda ajustados están disponibles y se utilizan para calcular el ATS.

La Tabla 21, muestra que cuando el flujo opuesto es bajo, el efecto de las zonas de no rebase es mayor, mientras que cuando el flujo opuesto es mayor, el efecto es cero. Esto se debe a que las zonas de rebase son irrelevantes cuando el flujo opuesto no permite ninguna oportunidad de paso. Fuente: (Transportation Research Board, 2010)



Paso 5: Ajuste del volumen de demanda para determinar el Porcentaje de tiempo usado viajando en colas (PTSF)

De acuerdo con el Transportation Research Board, 2016 Este paso de cálculo se aplica sólo se utiliza para carreteras de dos carriles Clase I y Clase II. El proceso de ajustar el volumen de la demanda para calcular el porcentaje de tiempo perdido en cola (Percent Time Spent Following) es estructuralmente similar al de la velocidad promedio de viaje (ATS). El método general es el mismo, pero se utilizan diferentes factores de ajuste, y los flujos ajustados resultantes serán diferentes de los utilizados para el ATS

Cálculo

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}} \quad (14)$$

Donde:

$v_{i,ATS}$: Volumen de demanda ajustado para el cálculo de PTSF

i : (d) dirección de análisis & (o) dirección opuesta

PHF : Factor de hora punta (pico)

V_i : Volumen horario de máxima demanda para la dirección analizada (veh/h)

$f_{g,PTSF}$: Factor de ajuste por pendiente para PTSF

$f_{hv,PTSF}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (PTSF)

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (15)$$

Donde:

$f_{hv,PTSF}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (PTSF)

P_T : Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal)

P_R : Porcentaje de vehículos recreacionales en el flujo vehicular (decimal)

E_T : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados



E_R : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para recreativos

Factor de ajuste por pendiente para PTSF

Los factores de ajuste por pendiente se definen para terrenos normales (planos u ondulados) y pendientes específicas de ascenso y descenso, como en el proceso de ajuste de velocidad promedio de viaje (ATS). La siguiente tabla muestra los factores de ajuste para terrenos normales y pendientes en descenso. Los factores de ajuste para las pendientes en ascenso se muestran en la siguiente tabla. Utiliza la tasa de flujo de una hora para determinar estos factores. (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 22 Factor de ajuste por la pendiente en terreno general y descensos específicos para PTSF

Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)	Terreno plano y descensos específicos	
≤ 100	1.0	0.7
200	1.0	0.8
300	1.0	0.9
400	1.0	0.9
500	1.0	1.0
600	1.0	1.0
700	1.0	1.0
800	1.0	1.0
≥ 900	1.0	1.0

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 23 Factor de ajuste por la pendiente en ascensos específicos para PTSF

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≥ 3 p < 3.50	0.25	1.00	0.99	0.97	0.96	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	0.50	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	0.75	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	1.50	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	2.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	3.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96



Tabla 23 Factor de ajuste por la pendiente en ascensos específicos para PTSF

Pendiente	Longitud de la pendiente (mi)	Volumen de demanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
≥ 3.5 p < 4.50	≥ 4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.97	0.97
	0.25	1.00	0.90	0.90	0.97	0.93	0.94	0.93	0.92	0.92
	0.50	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96
	0.75	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96
	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	1.50	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	2.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98
≥ 4.5 p < 5.50	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	≥ 4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97
≥ 5.5 p	≥ 0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Todas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Factor de ajuste por vehículos pesados para PTSF

La ecuación (15) se utiliza para calcular el factor de ajuste por vehículos pesados para PTSF.

El factor de equivalencia de los vehículos ligeros para los vehículos pesados (E_T) y los vehículos recreativos (E_r) debe determinarse. La Tabla siguiente muestra el factor de equivalencia para vehículos pesados y recreativos en terreno plano, ondulado o descenso. (Transportation Research Board, 2016)

Tabla 24 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_t) y recreacionales (E_r) para (PTSF) en terreno general y descensos específicos

Tipo de vehículos	Volumen de demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		plano y pendientes descendentes	Ondulado
Pesados, ET	≤ 100	1.1	1.9
	200	1.1	1.8
	300	1.1	1.7
	400	1.1	1.6
	500	1.0	1.4
	600	1.0	1.2
	700	1.0	1.0
	800	1.0	1.0
	≥ 900	1.0	1.0



Tabla 24 Factor de equivalencia de vehículos pesados (E_t) y recreacionales (E_r) para (PTSF) en terreno general y descensos específicos

Tipo de vehículos	Volumen de demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		plano y pendientes descendentes	Ondulado
Recreativos, ER	Todos	1.0	1.0

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 25 Factor de equivalencia de vehículos recreacionales (E_r) en ascensos específicos para PTSF en ascensos

Pendiente	Longitud de pendiente (mi)	Volumen de damanda, V en una dirección (veh/h)								
		≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
$\geq 3 p < 3.50$	≤ 2.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1.5	1.3	1.2	1	1	1	1	1	1
	1.6	1.4	1.3	1.3	1	1	1	1	1	1
$\geq 3.5 p < 4.50$	≤ 1.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1.5	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1.6	1.3	1	1	1	1	1	1	1
	3	1.8	1.4	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
$\geq 4.5 p < 5.50$	≥ 4.00	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	≤ 1.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	2	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
$\geq 5.5 p < 6.50$	3	2.4	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7
	≥ 4.00	3.5	3.1	2.9	2.7	2.1	2	2	1.8	1.8
	≤ 0.75	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
≥ 6.50	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
	3	3.4	3.2	3	2.9	2.4	2.3	2.3	1.9	1.9
	≥ 4.00	4.5	4.1	3.9	3.7	2.9	2.7	2.6	2	2
	≤ 0.50	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.75	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1	1
≥ 6.50	1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4
	1.5	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2	2	2	2
	2	2.9	2.8	2.7	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3
	3	4.2	3.9	3.7	3.6	3	2.8	2.7	2.2	2.2
≥ 4.00	5	4.6	4.4	4.2	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Los vehículos equivalentes para vehículos recreacionales (E_r) son iguales a 1



Paso 6 Cálculo del porcentaje de tiempo usado viajando en colas PTSF

De acuerdo con (Transportation Research Board, 2010) Este paso solo se aplica a las carreteras de Clase I y Clase II de dos carriles. Para determinar los niveles de servicio, las de clase III no utilizan este porcentaje.

Después de calcular los flujos de demanda, el PTSF se calcula utilizando la ecuación siguiente.

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) \quad (16)$$

Donde

$PTSF_d$: Porcentaje de tiempo usado viajando en colas en la dirección analizada (decimal)

$BPTSF_d$: Base del porcentaje de tiempo usado viajando en colas en la dirección analizada

$f_{np,PTSF}$: Factor de ajuste por el porcentaje de zonas de no rebase en el tramo analizado para PTSF

$v_{d,PTSF}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base en la dirección analizada para determinar PTSF (pc/h)

$v_{o,PTSF}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base en la dirección opuesta para determinar PTSF (pc/h)

Cálculo de la base del porcentaje de tiempo viajando en colas

Tabla 26 Coeficiente para determinar la base de PTSF

Volumen de demanda ajustando opuesto, V_o (veh/h)	Coeficiente a	Coeficiente b
≤ 200	-0.0014	0.973
400	-0.0022	0.923
600	-0.0033	0.870
800	-0.0045	0.833
1000	-0.0049	0.829
1200	-0.0054	0.825
1400	-0.0058	0.821
≥ 1600	-0.0062	0.817

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)





Tabla 27 Factor de Ajuste por zona de no adelantamiento para PTSF

Volumen ajustado en ambos Sentidos = vd+vo (vl/h)	Porcentaje de zona de no adelantamiento					
	0	20	40	60	80	100
Distribución direccional = 50/50						
≤200	9	29.2	43.4	49.4	5.1	52.6
400	16.2	41	54.2	61.6	63.8	65.8
600	15.8	38.2	47.8	53.2	55.2	56.8
800	15.8	33.8	40.4	4.4	44.8	46.6
1,400	12.8	20	23.8	26.2	27.4	28.6
2,000	10	13.6	15.8	17.4	18.2	18.8
2,600	5.5	7.7	8.7	9.5	10.1	10.3
3,200	3.3	4.7	5.1	5.5	5.7	6.1
Distribución direccional = 60/40						
≤200	11	30.6	41	51.2	52.3	53.5
400	14.6	36.1	44.8	53.4	5.5	56.3
600	14.8	36.9	44	51.1	52.8	54.6
800	13.6	28.2	33.4	38.6	39.9	41.3
1,400	11.8	18.9	22.1	25.4	26.4	27.3
2,000	9.1	13.5	15.6	16	16.8	17.3
2,600	5.9	7.7	8.6	9.6	10	10.2
Distribución direccional = 70/30						
≤200	9.9	28.1	38	47.8	48.5	49
400	10.6	30.3	38.6	46.7	47.7	48.8
600	10.9	30.9	37.5	43.9	45.4	47
800	10.3	23.6	28.4	33.3	34.5	35.5
1,400	8	14.6	17.7	20.8	21.6	22.3
2,000	7.3	9.7	11.7	13.3	14	14.5
Distribución direccional = 80/20						
≤200	8.9	27.1	37.1	4.7	47.4	47.9
400	6.6	26.1	34.5	42.7	43.5	44.1
600	4	24.5	31.3	38.1	39.1	40
800	3.8	18.5	23.5	28.4	29.1	29.9
1,400	3.5	10.3	13.3	16.3	16.9	32.2
2,000	3.5	7	8.5	10.1	10.4	10.7
Distribución direccional = 90/10						
≤200	4.6	24.1	33.6	43.1	43.4	43.6
400	0	20.2	28.3	36.3	36.7	3.7
600	-3.1	16.8	23.5	30.1	30.6	31.1
800	-2.8	10.5	15.2	19.9	20.3	20.8
1,400	-1.2	5.5	8.3	11	11.5	11.9

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Aunque se aplica a un solo análisis, el factor de ajuste depende del flujo de demanda total de



los dos carriles. También depende de la distribución direccional del tráfico. Independientemente de la dirección considerada, la medida de la distribución direccional es la misma. Por ejemplo, para relaciones de 70/30 y 30/70, el mismo factor se produce, todas las otras variables son constantes. (Transportation Research Board, 2010)

La base del porcentaje de tiempo usado viajando en colas (Base Percent Time Spent following, BPTSF) se calcula en la siguiente ecuación

$$BPTSF_d = 100[1 - \exp(-av_d^b)] \quad (17)$$

Donde

a y b : Son constantes tomadas de la **Tabla 26** y demás términos ya han sido definidos

La Tabla 26 y Tabla 27 se calculan con los flujos de demanda ya convertidos a vehículos de pasajeros por hora en las condiciones ideales (v_o y v_d)

Paso 7 Estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS)

De acuerdo con (Transportation Research Board, 2010) Solo se utiliza este paso para el análisis de carreteras de Clase III. Dado que tanto la velocidad a flujo libre (FFS) como la velocidad promedio de viaje (ATS) ya se han calculado en pasos anteriores, el cálculo es simple. La siguiente ecuación proporciona una estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre.

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS} \quad (18)$$

Paso 8: Determinación de los niveles de servicio y la capacidad

Los criterios de servicio en carreteras de dos carriles están descritos

Capacidad de la vía

Se define como el número de máximo de vehículos por unidad de tiempo, que pueden pasar una sección de la vía, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito.

De acuerdo con el (Cárdenas Grisales, 2003), las condiciones prevalecientes geométricas, de tránsito y de control definen la capacidad, las cuales deben ser razonablemente uniformes para cualquier segmento de una infraestructura vial.



Capacidad de una carretera de dos carriles

De acuerdo con el (Cárdenas Grisales, 2003) En condiciones básicas, una carretera de dos carriles tiene una velocidad máxima de 1700 veh/h en una dirección y una velocidad máxima de 3.200 veh/h en ambas direcciones. Cuando se alcanza una capacidad de 1700 vl/h en una dirección, el flujo máximo contrario se limita a 1500 vl/h debido a las interacciones entre los flujos direccionales.

Determinación de la capacidad

La capacidad de las carreteras de dos carriles no se determina por una medida de la eficacia. Para determinar la capacidad en las condiciones prevalentes, deben aplicarse los factores de ajuste pertinentes de la Ecuación (10) y la Ecuación (14).

Tabla 28 Nivel de servicio en carreteras de dos carriles

Nivel de servicio	Carretera de clase I	Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF(%)	PTSF(%)
A	> 55	≤ 35	≤ 40
B	>50-55	>35-50	>40-55
C	>45-50	>50-65	>55-70
D	>40-45	>65-80	>70-85
E	≤ 40	>80	>85
			PFFS(%)
			>91.7
			>83.3-91.7
			>75-83.3
			>66.7-75
			≤ 66.7

Fuente:(Transportation Research Board, 2010)

Las carreteras de Clase I tienen dos medidas de eficacia, lo que resulta en dos niveles de servicio cuando se utilizan. En este caso, el peor de los dos es el más prevalente.

Se ajustó el volumen de demanda de PTSF y ATS, y estos datos se utilizaron de nuevo.

$$C_{dATS} = 1700f_{g,ATS} f_{hv,ATS} \quad (19)$$

Donde

C_{dATS} : Capacidad en la dirección de análisis, bajo condiciones ideales de acuerdo con la velocidad promedio de viaje (ATS) (veh/h)



$$C_{PTSF,d} = 1700 f_{g,PTSF} f_{hv,PTSF} \quad (20)$$

Donde

$C_{d,PTSF}$: Capacidad en la dirección de análisis, bajo condiciones ideales de acuerdo con la velocidad promedio de viaje (PTSF) (veh/h)

Metodología para carretera multicarril según HCM 2016

La metodología determina la capacidad y el nivel de servicio de segmentos de flujo ininterrumpido para vías rurales y suburbanas. Estos segmentos deben tener una distancia mínima de 3.22 km (2 mi) entre semáforos, de lo contrario, se considerarán una vía urbana.

Limitaciones de la metodología

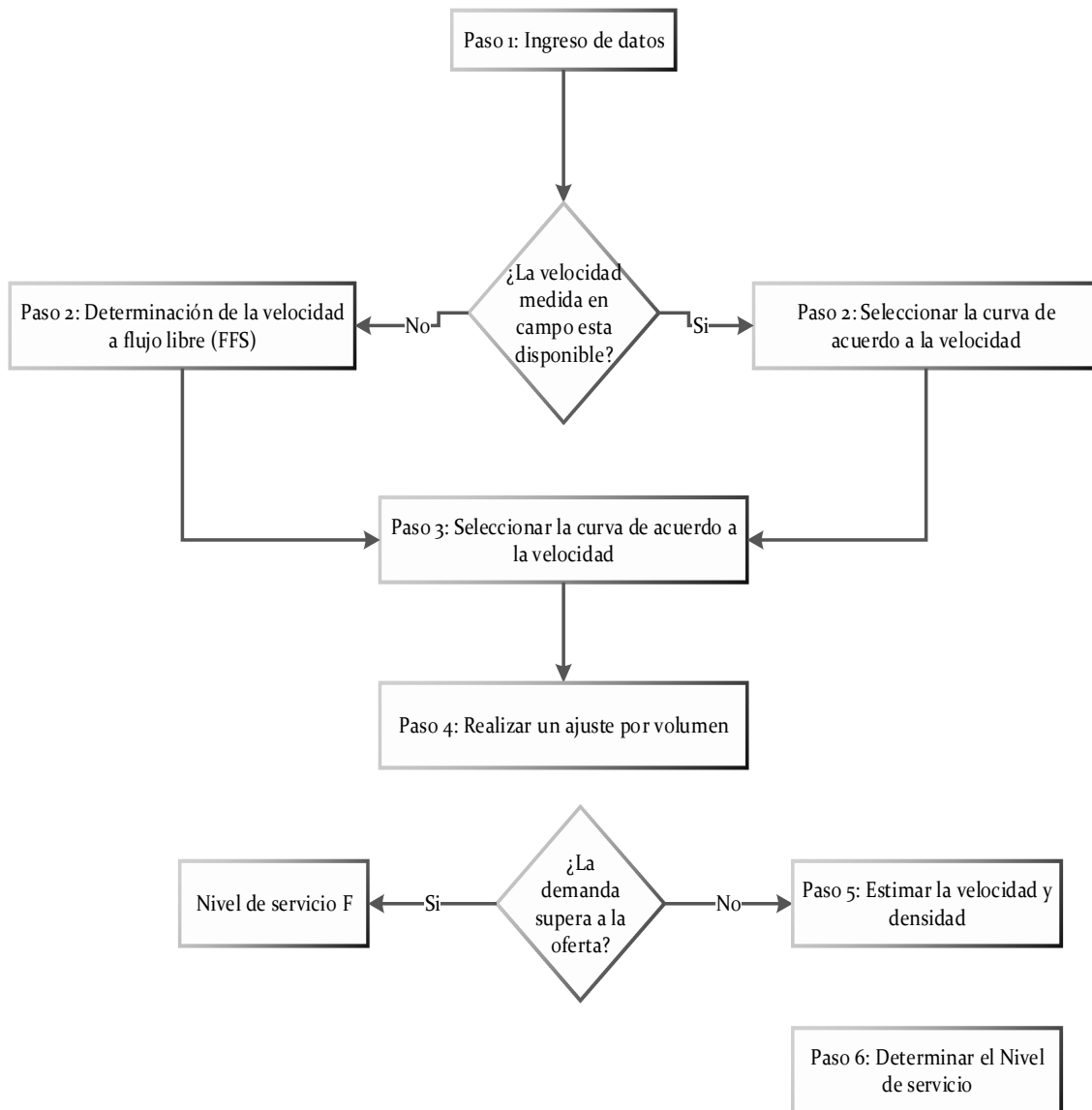
No considera las siguientes condiciones en la metodología:

- Los impactos negativos de las malas condiciones climáticas, los accidentes de tráfico o Incidentes, cruces de ferrocarril, o de construcciones adyacentes
- La interferencia causada por vehículos estacionados en las bermas.
- El efecto de la pendiente del carril y de carriles adiciones al principio o al final de segmentos de carretera multicarril.
- Posibles impactos de cola cuando una vía de varios carriles a un segmento de la carretera de dos carriles
- Diferencias entre varios tipos de medianas o barreras y la diferencia entre los impactos de una mediana y un TWLTL
- Vel. a flujo libre por debajo de 72.42 km/h (45 mi/h) o superiores a 96.56 km/h (60 mi / h)
- Una significativa presencia de estacionamientos en la calle
- Presencia de paraderos que son concurridos
- Una significativa actividad peatonal

Procedimiento metodológico



Figura 18 *Flujograma de metodología para vías multicarril*



Fuente: Adaptado del HCM, 2010

Paso 1: Ingreso de datos

De acuerdo con Transportation Research Board, 2016 para un análisis se deben tener previamente (ya sea tomado en campo o con valores por defecto) los datos:

- volumen de demanda
- número y ancho de los carriles
- distancia de obstáculos hacia los lados
- tipo de mediana
- los puntos de acceso de carretera por kilómetros o millas



- el porcentaje de los vehículos pesados y recreacionales
- el PHF
- el tipo de terreno
- el factor por conocimiento de la vía.

Estos datos deben estar dentro de ciertos rangos que son validados por la metodología por el HCM 2016

Tabla 29 Datos de entrada necesarios por el HCM 2016 en carreteras multicarril

<i>Datos necesarios</i>	<i>Valores recomendados por defecto</i>
Datos geométricos	
Número de carriles (en una dirección)	2 o más
Ancho de carril (m)	3.05 - 3.66 m (10 - 12 ft)
Distancia lateral hacia objetos a la derecha	0.00 – 1.83 (6 ft)
Distancia lateral hacia objetos a la izquierda	0.00 – 1.83 (6 ft)
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	0 - 40 p/mi
Tipo de terreno	Plano, Ondulado y Montañoso
Tipo de mediana	Dividido, TWLTL, o sin dividir
Velocidad a flujo libre	72.42 – 96.56 (45-60 mi/h)
Datos de tránsito	
Volumen horario de vehículo	Demanda durante la hora de análisis
Duración del periodo de análisis	15 min
Factor de hora punta (PHF)	hasta 1.00
Factor de población conductora	0.85-1.00
Porcentaje de vehículos pesados y recreacionales	0-100% terrenos normales / 0-25% en ascensos

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

El periodo de análisis es generalmente los 15 minutos más críticos dentro de un análisis horario, en este caso la tasa de flujo será el volumen determinado en este periodo crítico multiplicado por cuatro, y el factor de hora punta FHP será uno, si los volúmenes de demanda han sido recolectados durante una hora se aplicará el factor de hora punta. (Transportation Research Board, 2010)

Paso 2: Calcular la velocidad a flujo libre (FFS)

Se calcula en campo o se estima

Mediciones en campo



La velocidad a flujo libre (FFS) es la velocidad promedio de un vehículo durante un periodo de bajo a moderado flujo vehicular (hasta 1400 veh/h/carril), que se considera casi constante.

Cuando las tasas de flujo son menos de 1400 veh/h/carril, este estudio de velocidad debe llevarse a cabo en una ubicación representativa. y se aceptan otras técnicas validadas para este estudio, con una muestra de al menos 100 vehículos; este método no utilizará factores de ajuste de velocidad.

Método de estimación

Cuando se analiza futuras carreteras el FFS puede estimarse utilizando la ecuación

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A \quad (21)$$

Donde:

FFS : Velocidad a flujo libre del tramo analizado (mi/h)

BFFS : Velocidad a flujo libre base para la vía multicarril

f_{LW} : Ajuste por ancho de carril

f_{LC} : Ajuste por distancia de los obstáculos laterales

f_M : Ajuste de tipo de mediana

f_A : Ajuste de densidad de punto de acceso

Ajuste por el ancho de la vía

Cuando el carril es menor de 3.66 m (12 ft), el FFS se ve afectado negativamente.

Tabla 30 Ajuste por ancho de carril f_{LW}

Ancho de carril (ft)	Reducción en FFS, f_{LW} (mi/h)
≥ 12	0
$\geq 11 - 12$	1.9
$\geq 10 - 11$	6.6

(Transportation Research Board, 2010)

Ajuste por distancia a obstáculos laterales

Este ajuste se basa en los obstáculos laterales (Total Clearance TLC) en el lado derecho de la



vía y en la mediana en el lado izquierdo (Transportation Research Board, 2010). Los postes de luz, las señales, los árboles, los estribos, las barandas de los puentes, las barreras de tráfico y los muros de contención son algunos de los obstáculos. Los bordes regulares no son considerados obstrucciones.

Los obstáculos en el lado derecho e izquierdo se miden desde el borde del carril hacia las obstrucciones continuas o periódicas. Se utilizará este valor máximo si estas obstrucciones superan 1.83 (6 pies). Si está a más de 0.61 m (2 ft) desde el borde del carril, la mayoría de los tipos de medianas tipo barreras no afectan el comportamiento del conductor. En este caso, se considerará un valor de 1.83 m (6 ft). Igualmente, cuando la vía no tiene una mediana o tiene un carril de giro a la izquierda (TWLTL), se asume una distancia lateral de 1.83m. (6 ft) (Transportation Research Board, 2010)

$$TLC = LC_R + LC_L \quad (22)$$

Donde:

TLC : Distancia a los obstáculos laterales total (máx. 12ft)

LC_R : Distancia a los obstáculos laterales de la derecha (máx. 6ft)

LC_L : Distancia a los obstáculos laterales de la izquierda (máx. 6ft)

Tabla 31 Ajuste por distancia de obtáculos laterales autopista de cuatro carriles

TLC	Reducción FFS (mi/h)
12	0
10	0.4
8	0.9
6	1.3
4	1.8
2	3.6
0	5.4

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Ajuste por tipo de mediana



Cuando no exista mediana se reduce 1.6 mi/h en los demás casos no.

Ajuste por densidad de puntos de acceso

El FFS disminuye aproximadamente 0,25 mi/h, independientemente del tipo de mediana, de acuerdo con (Transportation Research Board, 2010). La densidad de puntos de acceso por milla se calcula dividiendo el número total de accesos (caminos e intersecciones semaforizadas) en el lado derecho de la carretera en el sentido del flujo entre la longitud del segmento en millas.

Este cálculo no considerará accesos sin actividad.

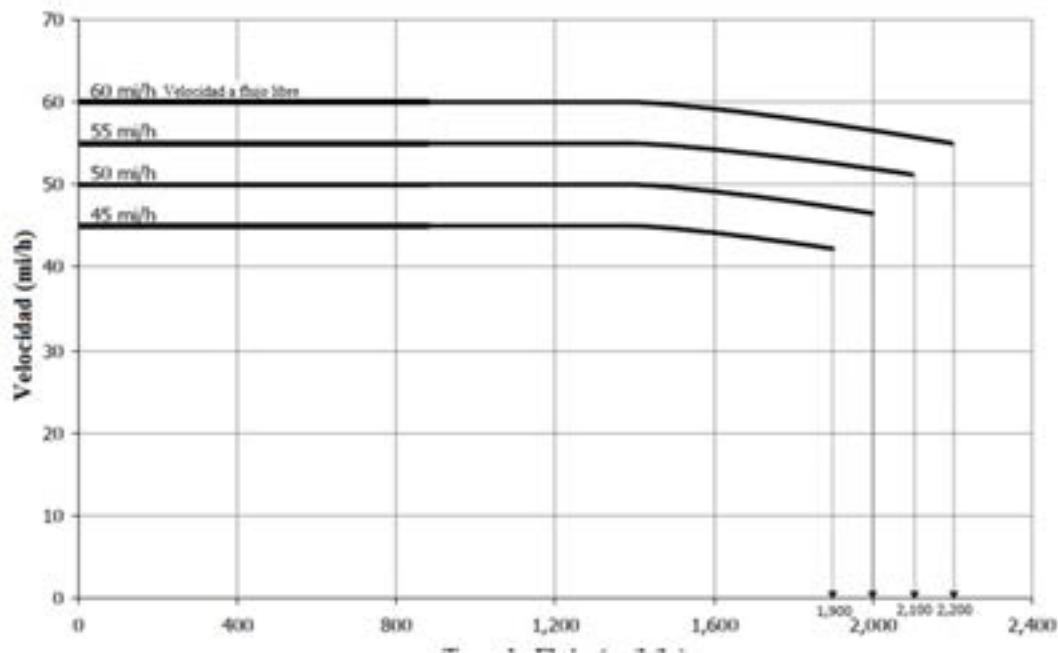
Tabla 32 Ajuste por densidad de puntos de acceso f_A

Densidad de puntos de acceso (pts/mi)	Reducción en FFS (mi/h)
0	0
10	2.5
20	5
30	7.5
40	10

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 3 Seleccionar la curva de acuerdo con la velocidad (FFS)

Figura 19 Curva velocidad-flujo para una vía multicarril



Fuente: (Transportation Research Board, 2010)



La relación entre la velocidad y el flujo de carreteras de múltiples carreteras para diferentes FFS en condiciones base

Las velocidades se mantienen constantes hasta que alcanzan los 1400 veh/h/carril, donde el aumento del flujo provoca un descenso. No se recomienda interpolar curvas

Tabla 33 Ecuaciones que describen las curvas velocidad-flujo

FFS (mi/h)	Para $v_p \leq 1,400 \frac{pc}{h \ln}$ (mi/h)	Para $v_p \geq 1,400 \frac{pc}{h \ln}$ S(mi/h)	(23)
60	60	$60 - \left[5.00 * \left(\frac{v_p - 1,400}{800} \right)^{1.31} \right]$	(24)
55	55	$55 - \left[3.78 * \left(\frac{v_p - 1,400}{700} \right)^{1.31} \right]$	(25)
50	50	$50 - \left[3.49 * \left(\frac{v_p - 1,400}{600} \right)^{1.31} \right]$	(26)
45	45	$45 - \left[2.78 * \left(\frac{v_p - 1,400}{500} \right)^{1.31} \right]$	(27)

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 4 Ajuste del volumen de demanda

Las curvas de flujo de velocidad se basan en los flujos de vehículos ligeros por hora, donde la mayoría de los conductores son usuarios regulares. Por lo tanto, los volúmenes de demanda actuales deben transformarse en vehículos ligeros. (Transportation Research Board, 2010)

$$v_p = \frac{V}{PHF * N * f_{hv} * f_p} \quad (28)$$

Donde

v_p : Volumen de demanda ajustado a las condiciones ideales (pc/h/ln)

V : Volumen horario de máxima demanda (veh/h)

PHF : Factor de hora punta

N : Número de carriles (one way)

f_{hv} : Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

f_p : Factor de ajuste por población atípica de conductores



Según el Comité de Investigación de Transporte, 2016 El número de carriles necesarios para obtener el nivel de servicio deseado se determina utilizando el volumen de demanda conocido en un análisis de diseño. Se requieren dos modificaciones para esta metodología. En primer lugar, el volumen de demanda debe convertirse en vehículos ligeros por hora. En segundo lugar, se debe elegir el máximo flujo de servicio MSF_i de acuerdo con el nivel de servicio deseado. Estos datos se obtienen de la siguiente tabla.

Tabla 34 *Máximo flujo de servicio bajo condiciones base*

FFS mi/h	Nivel de servicio deseado				
	A	B	C	D	E
60	660	1080	1550	1980	2200
55	600	990	1430	1850	2100
50	550	900	1300	1710	2000
45	290	810	1170	1550	1900

Fuente: Elaboración propia

Las dos modificaciones dan una sola ecuación para determinar el número de carriles necesarios

$$N = \frac{V}{MSF_i * PHF * f_{hv} * f_p} \quad (29)$$

Donde:

MSF_i : Máximo flujo de servicio

El valor N el resultado siempre debe ser redondeado al siguiente mayor valor (0 decimales), luego se continua con la Ecuación (29)

Ajuste para vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (30)$$

Donde

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados

P_T : Porcentaje de vehículos pesados (decimal)

P_R : Porcentaje de vehículos recreativos (decimal)



E_T : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados

E_R : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos Recreativos

De acuerdo con (Transportation Research Board, 2010) el factor de equivalencia de vehículos pesados y recreacionales es el número de vehículos ligeros desplazados del flujo vehicular por un camión o vehículo recreativo. Estos factores se definen para varias situaciones, las cuales dependen del terreno y la pendiente, así como la composición vehicular, cada una de estas condiciones se discuten a continuación:

- Tramos largos en terreno general
- Pendientes específicas de ascenso
- Pendientes específicas de descenso

Factor de equivalencia en terreno general

Tabla 35 Factores de equivalencia de vehículos ligeros por tipo de terreno

Tipo de vehículo	PCE por tipo de terreno		
	Plano	Ondulado	Montañoso
Volquetes y buses, E_T	1.5	2.5	4.5
RV _s , E_R	1.2	2	4

Fuente: (Transportation Research Board, 2016)

Equivalentes para pendientes específicas

Los valores de E_T y E_R para vehículos pesados se proporcionan en las siguientes tablas. Estos factores varían según la pendiente y la longitud de la corriente de tráfico, así como según la proporción de vehículos en la corriente de tráfico.

Tabla 36 Factor de equivalencia para vehículos pesados (E_T) en ascenso

Pendiente	Longitud	Porcentaje de volquetes y buses								
		0.02	0.04	0.05	0.06	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25
≤ 2	Todos	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	0.00 - 0.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>0.25 - 0.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
>2 - 3	>0.50 - 0.75	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>0.75 - 1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>1.00 -1.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00



Tabla 36 Factor de equivalencia para vehículos pesados (E_T) en ascenso

Pendiente	Longitud	Porcentaje de volquetes y buses								
		0.02	0.04	0.05	0.06	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25
>3 - 4	>1.50	3.00	3.00	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	0.00 - 0.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>0.25 - 0.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50
	>0.50 - 0.75	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	>0.75 - 1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00
>4 - 5	>1.00 - 1.50	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
	>1.50	4.00	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
	0.00 - 0.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>0.25 - 0.50	3.00	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	>0.50 - 0.75	3.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
>5 - 6	>0.75 - 1.00	4.00	3.50	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	>1.00	5.00	4.00	4.00	4.00	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00
	0.00 - 0.25	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	>0.25 - 0.30	4.00	3.00	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	>0.30 - 0.50	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
>6	>0.50 - 0.75	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	>0.75 - 1.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	>1.00	6.00	5.00	5.00	4.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	0.00 - 0.25	4.00	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00	1.00
	>0.25 - 0.30	4.50	4.00	3.50	3.50	3.50	3.00	2.50	2.50	2.50

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 37 Factor de equivalencia para vehículos recreativos (E_R) en ascenso

Pendiente	Longitud de Pendiente (mi)	Porcentaje de RV's								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
≤ 2	Todos	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
>2 - 3	0.00 - 0.50	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.50	3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
>3 - 4	0.00 - 0.25	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	>0.25 - 0.50	2.5	2.5	2	2	2	2	1.5	1.5	1.5
	>0.50	3	2.5	2.5	2.5	2	2	2	1.5	1.5
>4 - 5	0.00 - 0.25	2.5	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25 - 0.50	4	3	3	3	2.5	2.5	2	2	2
>5 - 6	> 0.50	4.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2	2
	0.00 - 0.25	4	3	2.5	2.5	2.5	2	2	2	1.5



Tabla 37 Factor de equivalencia para vehículos recreativos (E_R) en ascenso

Pendiente	Longitud de Pendiente (mi)	Porcentaje de RV's								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	25%
	>0.25 – 0.50	6	4	4	3.5	3	3	2.5	2.5	2
	>0.50	6	4.5	4	4	3.5	3	3	2.5	2

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Cuando hay pocos vehículos pesados en el flujo de tráfico, se alcanzan los valores más altos, mientras que el factor de equivalencia disminuye a medida que aumenta el número de vehículos pesados. Esto se debe a que estos vehículos tienden a formar pelotones, que tienen características similares de funcionamiento y producen menos espacio en el flujo de tráfico. Por lo tanto, el impacto de un vehículo pesado en un solo pelotón es menor que el de un solo (Transportation Research Board, 2010)

La longitud de la pendiente generalmente se calcula utilizando el perfil de la carretera. Si se unen dos pendientes en ascenso, se toma el 50% de la longitud de la curva vertical en ambos extremos; típicamente, incluye la porción recta de la pendiente más algunas curvas verticales al principio y al final de la pendiente. En un análisis de pendientes, el punto más importante es el extremo de la pendiente, ya que es allí donde los vehículos pesados tienen el mayor impacto en las operaciones de los vehículos. Sin embargo, la longitud final antes de la interrupción se tomará si un segmento termina en medio de la pendiente (por ejemplo, por un acceso principal). (Transportation Research Board, 2010)

La inclinación relativa de los segmentos es crucial en pendientes compuestas. Por ejemplo, si una pendiente de ascenso del 5% es seguida por una pendiente de ascenso del 2%, es más probable que los vehículos pesados tengan su impacto máximo en el extremo del segmento del 5%. ya que se espera que aceleren después de entrar en el segmento del 2 %. (Transportation Research Board, 2010)

Factor de equivalencia para descenso específicos



Es poco conocido sobre los efectos en las condiciones de operación de los vehículos pesados en descensos. En general, los vehículos pesados pueden tratarse como si estuvieran en segmentos terreno nivel si el descenso no es lo suficientemente grave como para obligar a los camiones a cambiar una marcha más lenta (usando el freno del motor). Los camiones deben usar velocidades lentas con frecuencia cuando hay mucha pendiente para evitar perder el control y aumentar la velocidad. Su impacto en las condiciones de operación es más significativo en tales situaciones que en terreno plano. (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 38 Factores de equivalencia para vehículos (Et) pesado en descensos específicos

Pendiente de bajada	Longitud de Pendiente (mi)	Porcentaje de volquetes y buses			
		5%	10%	15%	20%
<4	Todos	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2	2	2	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4	4	3
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6	5.5	4.5

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

El factor $R_v = 1.2$ de vehículos recreativos

Equivalencias para pendientes compuestas

En las pendientes, el alineamiento vertical de la mayoría de las carreteras de varios carriles es discontinuo. Con frecuencia es necesario evaluar el impacto de una sucesión de pendientes. El método más simple es encontrar el promedio de la pendiente, que es el aumento total desde el comienzo de la pendiente compuesta hasta el punto de interés dividido por la longitud de la pendiente. (Transportation Research Board, 2010)

Para las pendientes en las que todas las subsecciones son menos de 4% o la longitud total de la calificación es menor que 4,000 pies, la técnica de calificación promedio es un método aceptable. (Transportation Research Board, 2010)

Ajuste por población conductora



Para los segmentos de vía multicarril, las características principales de la corriente de tráfico son los conductores habituales, compuestos principalmente de pasajeros o conductores que estén familiarizados con la vía. Se cree generalmente que las vías con menor eficiencia son utilizadas por flujos de tráfico compuestos por poblaciones de conductores con diferentes características (por ejemplo, conductores recreativos). (Transportation Research Board, 2010)

El efecto de la población de conductores se representa utilizando el factor de ajuste (f_p). Los valores del conductor exterior suelen cubrir entre 0,85 y 1,00, aunque algunas veces se han visto valores más bajos. Un valor de 1,00 se utiliza para los conductores que conocen la vía, lo que refleja los pasajeros o conductores familiarizados. (Transportation Research Board, 2010)

Capacidad de segmentos multicarril

La capacidad de un segmento de vía multicarril bajo condiciones de base varía con la velocidad a flujo libre como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 39 Capacidad en carreteras multicarril

Velocidad de flujo libre		Capacidad
Mi/h	Km/h	Veh/h/c
60	97	2,200
55	89	2,100
50	80	2,000
45	72	1,900

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2003)

La velocidad de flujo promedio a través de todos los carriles se denomina capacidad. Por lo tanto, una vía multicarril con dos carriles en una dirección con una velocidad de 60 km/h de FFS tendría una capacidad esperada de 4,400 pc/h. Este flujo no se distribuye de manera uniforme en ambos carriles. En consecuencia, un carril puede experimentar flujos estables superiores a 2200 veh/h/c. (Transportation Research Board, 2010)



Paso 5 Estimación de velocidad y densidad

De acuerdo con él (Transportation Research Board, 2010) En este punto de la metodología, se han determinado lo siguiente:

- la velocidad a flujo libre y curva apropiada para su uso en el análisis
- la demanda de tráfico en vehículos equivalentes por hora por carril bajo las condiciones del flujo.

La densidad y la velocidad estimadas del tráfico corriente pueden calcularse utilizando esta información.

La acción esperada promedio de la velocidad del tráfico se puede calcular utilizando las ecuaciones de la Tabla 39. También puede realizar con la ayuda de la Figura 37.

La Ecuación 33 se utiliza para estimar la densidad de la corriente de tráfico con la velocidad estimada.

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (31)$$

Donde

D : Densidad (pc/mi/h)

v_p : Volumen vehicular ajustado a las condiciones (pc/h/ln)

S : Media de la velocidad en el tránsito o velocidad a flujo libre (mi/h)

Paso 6 Determinar el nivel de servicio

Tabla 40 Nivel de servicio en vías multicarril

Nivel de servicio	FFS (mi/h)	Densidad (veh/mi)
A	Todos	> 0 - 11
B	Todos	> 11 - 18
C	Todos	> 18 - 26
D	Todos	> 26 - 35
	60	> 35 - 40
	55	> 35 - 41
E	50	> 35 - 43
	45	> 35 - 45
	La demanda excede la oferta	
	60	> 40
	55	> 41
F	50	> 43



Tabla 40 Nivel de servicio en vías multicarril

Nivel de servicio	FFS (mi/h)	Densidad (veh/mi)
	45	> 45

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2003)

Para un Nivel de Servicio A - D, los criterios son los mismos que los de la autopista básica segmentos. Esta clasificación es apropiada, ya que ambos representan varios carriles y flujo ininterrumpido. Los Niveles de servicio entre E y F, representan la capacidad. Para carreteras de varios carriles, la capacidad se produce a diferentes densidades, dependiendo de la velocidad a flujo libre. (Transportation Research Board, 2010)

La densidad en capacidad oscila entre 40 (veh/mi/ln) de 60 (mi/h) FFS a 45 (veh/mi/ ln) a 45 (mi/h) FFS.

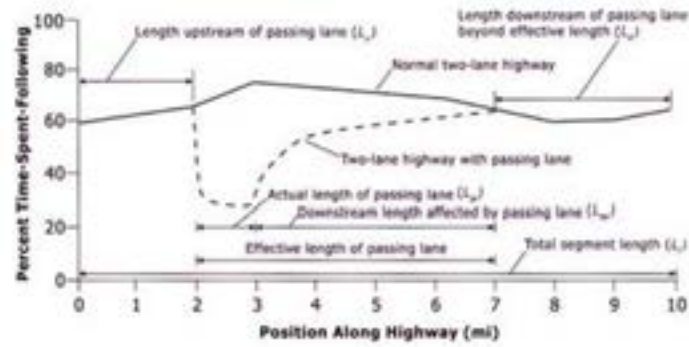
El Nivel de Servicio “F” se determina cuando la demanda de flujo excede la capacidad. Cuando esto ocurre, la metodología no produce una estimación de la densidad. Así, aunque la densidad en estos casos estará por encima de los umbrales muestra, valores específicos no se pueden determinar. (Transportation Research Board, 2010)

Los valores superiores que se muestran para *nivel de servicio F*, 40 a 45 (pc/mi/ln), dependiendo de las FFS representan *la densidad máxima que se espera a flujos de la capacidad que se produzca*. (Transportation Research Board, 2010)

Metodología con carriles de adelantamiento

El carril de adelantamiento es un carril añadido con un segmento de la autopista de doble carril, para mejorar el adelantamiento en una dirección de viaje.

Figura 20 Efecto operacional del carril de adelantamiento sobre el PTSF



Source: Harwood and Hoban (7).

Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

El procedimiento aquí se enfoca en analizar segmentos direccionales en todo el carril de adelantamiento en terreno llano u ondulado. El análisis puede incluir segmentos del flujo de la carretera arriba y viceversa.

Figura 21 Longitud afectada por carriles de adelantamiento

Directional Demand Flow Rate, v_d (pc/h)	Downstream Length of Roadway Affected, L_{de} (mi)	
	PTSF	ATS
≤200	13.0	1.7
300	11.6	1.7
400	8.1	1.7
500	7.3	1.7
600	6.5	1.7
700	5.7	1.7
800	5.0	1.7
900	4.3	1.7
≥1,000	3.6	1.7

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Fuente: Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

Paso 01. Realizar un análisis sin carril de adelantamiento

Determinar el nivel de servicio en condiciones normales

Paso 02. Dividir el tramo en secciones

Se divide en cuatro secciones:

$$L_d = L_t - (L_u + L_{pl} + L_{de}) \quad (32)$$



L_u : Longitud antes del carril de adelantamiento.

L_{pl} : Longitud del carril de adelantamiento

L_{de} : Longitud afectada por el carril de adelantamiento

L_d : Longitud después del largo efectivo del carril de adelantamiento

La longitud indispensable es la longitud efectiva.

Es necesario sumar las cuatro longitudes para obtener la longitud total del segmento de análisis.

Las secciones de análisis y sus longitudes variarán para las estimaciones de la velocidad promedio de viaje (ATS) y el porcentaje de tiempo usado en colas (PTSF), así como sus efectos.

(National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

La longitud del carril de adelantamiento L_{pl} , existente o planificada, debe incluir la longitud de los conos de entrada y salida. (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

Figura 22 Longitudes optimas de carril de adelantamiento

Directional Demand Flow Rate, v_d (pc/h)	Optimal Passing Lane Length (mi)
≤ 100	≤ 0.50
$> 100, \leq 400$	$> 0.50, \leq 0.75$
$> 400, \leq 700$	$> 0.75, \leq 1.00$
≥ 700	$> 1.00, \leq 2.00$

Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

La ubicación real o planificada del carril de adelantamiento L_u se utiliza para determinar la longitud del segmento de carretera convencional de dos carriles aguas arriba del carril de adelantamiento L_u . La **Figura 28.** muestra la longitud del segmento de camino aguas abajo dentro de la longitud efectiva del carril de adelantamiento L_{de} . Cualquier longitud restante del segmento de análisis aguas abajo del carril de avance se incluye en L_d , que se calcula a partir

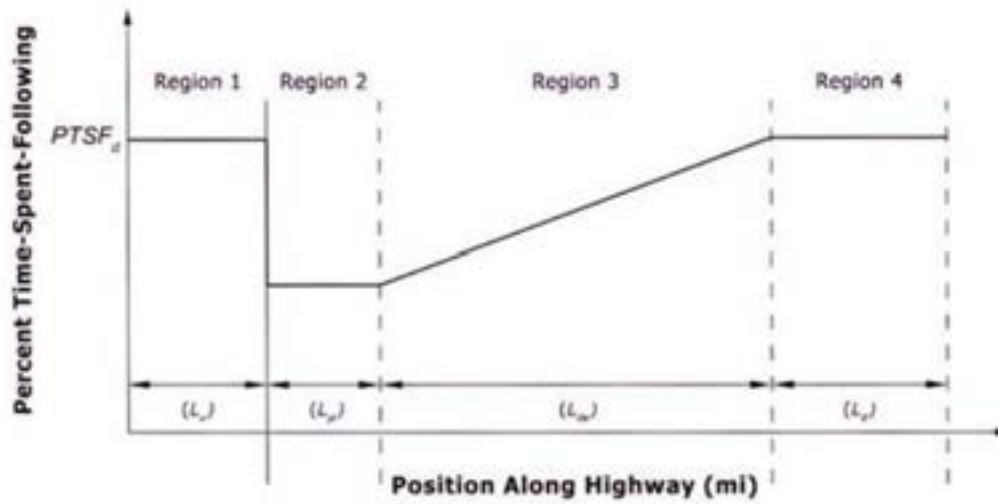
Paso 03. Determinar el porcentaje de tiempo usado viajando en colas PTSF

El PTSF es asumido igual al $PTSF_d$ dentro de las longitudes de L_u y L_d , según el análisis típico



de carretera de dos carriles sin el carril de adelantamiento. En el tramo donde el carril de adelantamiento L_{pl} está presente, la demora PTSF suele oscilar entre el 58% y el 62% de su valor antes del carril. Este efecto es el resultado de la distribución direccional de la tasa de flujo en el carril de avance L_d . (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d.-b)

Figura 23 Efectos del carril de adelantamiento en PTSF



Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d. Exhibit 15-25)

Sobre la base de este modelo, el PTSF para todo segmento se calcula mediante

$$PTSF_{pl} = \frac{PTSF_d \left[L_u + L_d + f_{pl,PTSF} L_{pl} + \left(\frac{1 + f_{pl,PTSF}}{2} \right) L_{de} \right]}{L_t} \quad (33)$$

Donde:

$PTSF_{pl}$: PTSF afectado por el carril de adelantamiento

$f_{pl,PTSF}$: Factor de ajuste por el impacto de carriles de adelantamiento en PTSF

Figura 24 Factor de ajuste por el impacto de carriles de adelantamiento en PTSF



Directional Demand Flow Rate, v_d (pc/h)	$f_{pl,PTSF}$
≤100	0.58
200	0.59
300	0.60
400	0.61
500	0.61
600	0.61
700	0.62
800	0.62
≥900	0.62

Note: Interpolation is not recommended; use closest value.

Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d. Exhibit 15-26)

Si el tramo de longitud analizado no abarca la longitud L_{de} , se utiliza la siguiente ecuación

$$PTSF_{pl} = \frac{PTSF_d \left[L_u + f_{pl,PTSF} L_{pl} + f_{pl,PTSF} L'_{de} + \left(\frac{1 + f_{pl,PTSF}}{2} \right) \left(\frac{L'^2_{de}}{L_{de}} \right) \right]}{L_t} \quad (34)$$

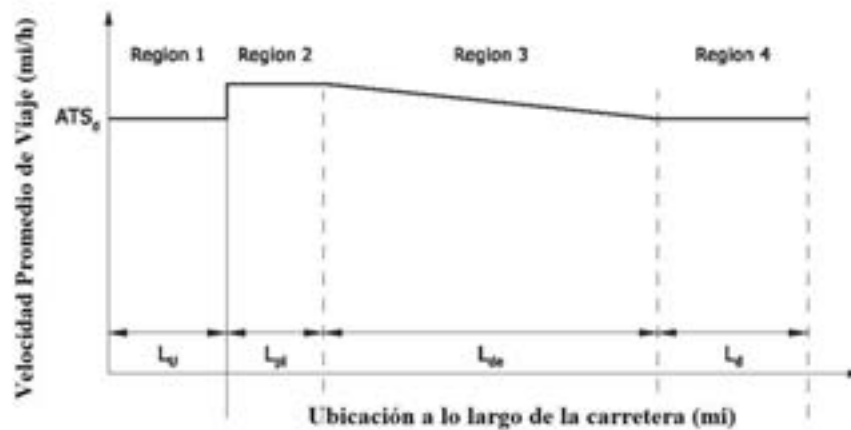
Paso 04. Determinar la velocidad promedio de viaje ATS

El ATS se supone igual en las longitudes L_u y L_d según la técnica clásica de dos carriles.

Dependiendo de la demanda direccional, el ATS generalmente es un 8 % an un 11 % más alto que su valor antes de este carril. Se supone que la velocidad promedio de la marcha dentro de la longitud efectiva aguas abajo, L_{de} , disminuye linealmente con la distancia del carril de adelantamiento, desde el valor en el carril de adelantamiento hasta el valor normal. El impacto de un carril de adelantamiento en ATS se muestra en la Figura 25.



Figura 25 Impacto en el carril de adelantamiento en ATS



Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d. Exhibit 15-27)

El cálculo de la velocidad promedio de marcha se calculó mediante.

$$ATS_{pl} = \frac{ATS_d L_t}{L_u + L_d + \left(\frac{L_{pl}}{f_{pl,ATS}}\right) + \left(\frac{2L_{de}}{1 + f_{pl,ATS}}\right)} \quad (35)$$

ATS_{pl}: Velocidad promedio de viaje

f_{pl,ATS}: Factor de ajuste por el efecto de un carril de adelantamiento en ATS

$$ATS_{pl} = \frac{ATS_d L_t}{L_u + \frac{L_{pl}}{f_{pl,ATS}} + \frac{2L'_{de}}{\left[1 + f_{pl,ATS} + (f_{pl,ATS} - 1) \left(\frac{L_{de} - L'_{de}}{L_{de}}\right)\right]}} \quad (36)$$



Figura 26 Factor de ajuste por el efecto de un carril de adelantamiento

Directional Demand Flow Rate, v_d (pc/h)	$f_{p,ATS}$
≤100	1.08
200	1.09
300	1.10
400	1.10
500	1.10
600	1.11
700	1.11
800	1.11
≥900	1.11

Note: Interpolation is not recommended; use closest value.

Fuente: (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board, n.d. Exhibit 15-2)

Paso 05. Determinar el nivel de servicio

El método para evaluar el nivel de servicio para un tramo con un carril de adelantamiento no es diferente al de un segmento normal, excepto que se utilizan la velocidad promedio de viaje (ATS_{pl}) y las demoras ($PTS_{F_{pl}}$) como medidas de eficacia.

2.2.9. Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal

Diseño geométrico en planta

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable.

Tabla 41 Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
110	153	306	1837
120	167	333	2004

Fuente:(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Donde:

$L_{mín.s}$: Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario)

$L_{mín.o}$: Longitud mínima (m) para el resto de los casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido)

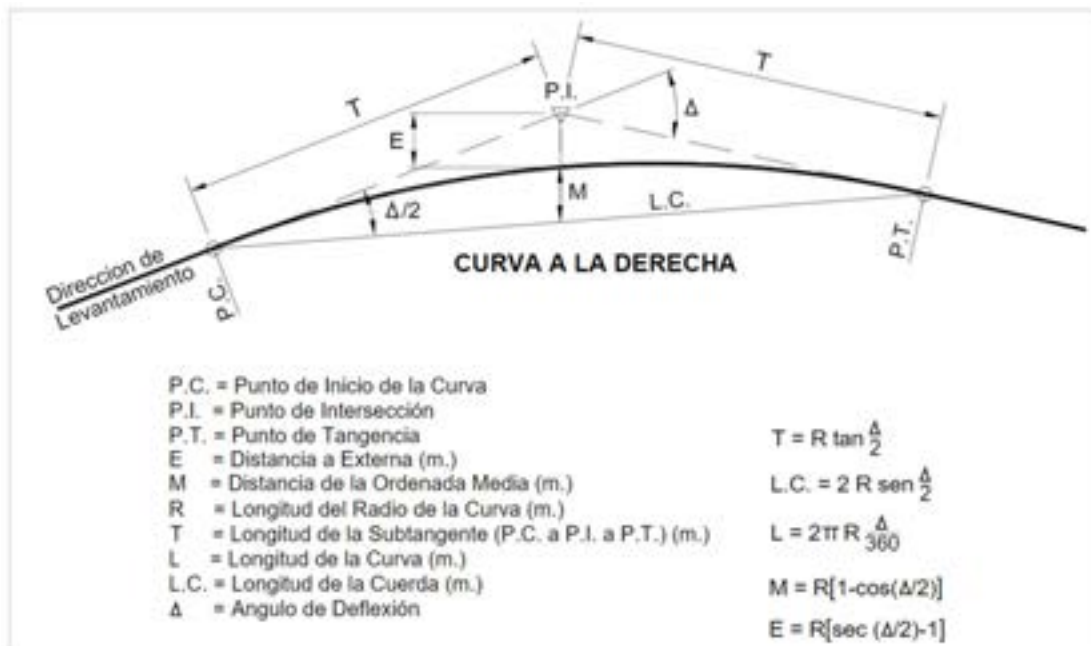
$L_{máx}$: Longitud máxima (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

Curvas circulares

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

Figura 27 Curva horizontal



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tabla 42 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	20	4.00	0.17	15.0	15
	30	4.00	0.17	33.7	35



Tabla 42 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

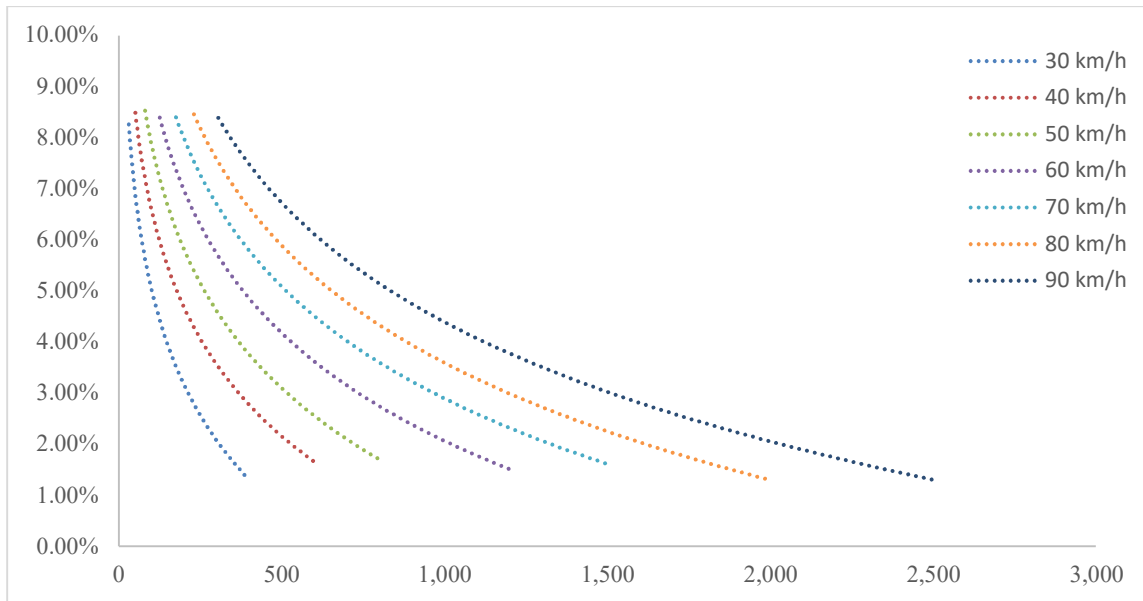
Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.1	495
	20	6.00	0.17	13.7	15
	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
Área rural (con peligro de hielo)	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.0	255
	90	6.00	0.13	335.7	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
	20	8.00	0.17	12.6	15
	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
Área rural (plano u ondulada)	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
	20	12.00	0.17	10.9	10
	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
Área rural (accidentada o escarpada)	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 129, Tabla 302.02)

Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

Según una velocidad específica de diseño y el peralte se puede delimitar el radio

Figura 28 Relación peralte 8%



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.03)

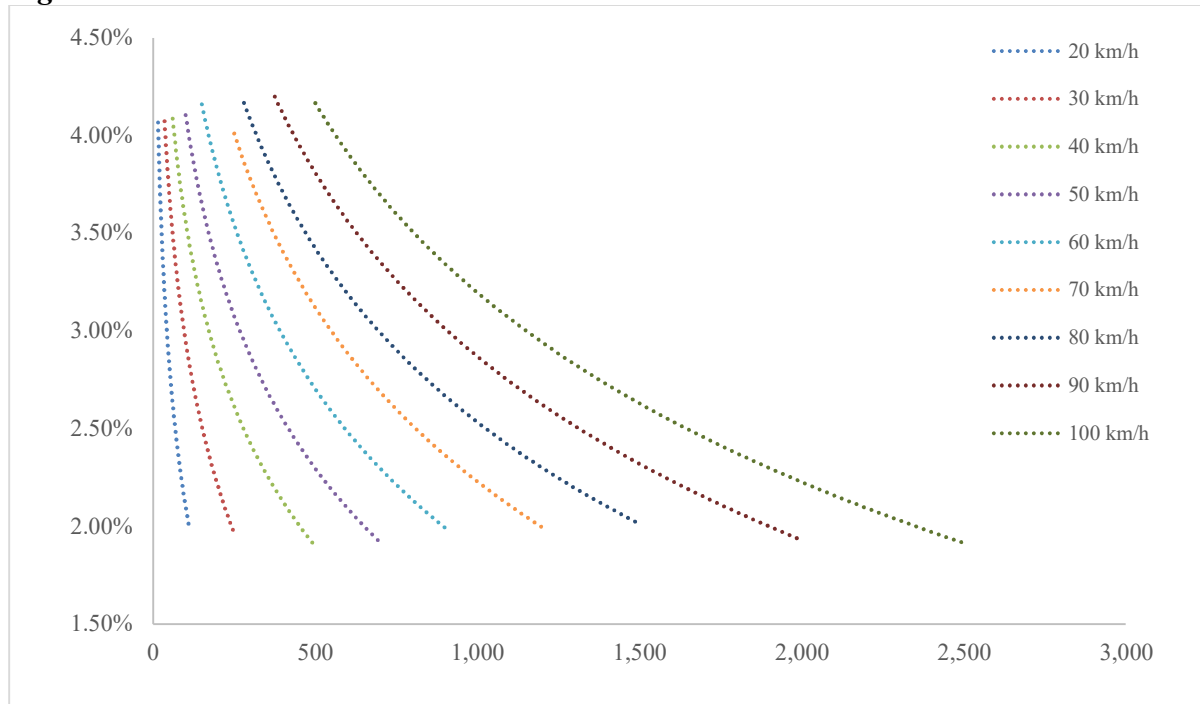
Tabla 43 Ecuaciones de relación peralte, radio y velocidad, peralte en zona (Tipo 1, 2 o 3)

Velocidad	Ecuación civil 3D	R ²
30	$IF(\{r\} > 33, -2.687 * \text{LOG}(\{r\}) + 17.402, 8.0)$	0.9844
40	$IF(\{r\} > 60, -2.751 * \text{LOG}(\{r\}) + 19.25, 8.0)$	0.9942
50	$IF(\{r\} > 95, -2.966 * \text{LOG}(\{r\}) + 21.529, 8.0)$	0.9937
60	$IF(\{r\} > 140, -3.044 * \text{LOG}(\{r\}) + 23.089, 8.0)$	0.9867
70	$IF(\{r\} > 198, -3.159 * \text{LOG}(\{r\}) + 24.716, 8.0)$	0.9905
80	$IF(\{r\} > 262, -3.311 * \text{LOG}(\{r\}) + 26.465, 8.0)$	0.978
90	$IF(\{r\} > 338, -3.368 * \text{LOG}(\{r\}) + 27.657, 8.0)$	0.955
100	$IF(\{r\} > 430, -3.504 * \text{LOG}(\{r\}) + 29.267, 8.0)$	0.965
110	$IF(\{r\} > 612, 1424.2 * \{r\}^{-0.807}, 8.0)$	0.991
120	$IF(\{r\} > 770, 2426.8 * \{r\}^{-0.859}, 8.0)$	0.985

Fuente: Elaboración propia



Figura 29 Peralte en zonas urbanas 4%max



Fuente: Adaptado de la fig. 302.02, MTC, 2018

Tabla 44 Ecuaciones de relación peralte, radio y velocidad en cruce de áreas urbanas

Velocidad	Ecuación civil 3D	R ²
20	$IF(\{r\}>16,-1.037*\text{LOG}(\{r\})+6.8771,4.0)$	0.997
30	$IF(\{r\}>36,-1.073*\text{LOG}(\{r\})+7.8898,4.0)$	0.992
40	$IF(\{r\}>63,-1.033*\text{LOG}(\{r\})+8.3173,4.0)$	0.995
50	$IF(\{r\}>110,-1.124*\text{LOG}(\{r\})+9.2819,4.0)$	0.996
60	$IF(\{r\}>165,-1.21*\text{LOG}(\{r\})+10.223,4.0)$	0.999
70	$IF(\{r\}>250,-1.285*\text{LOG}(\{r\})+11.108,4.0)$	0.999
80	$IF(\{r\}>301,-1.259*\text{LOG}(\{r\})+11.234,4.0)$	0.998
90	$IF(\{r\}>420,-1.356*\text{LOG}(\{r\})+12.237,4.0)$	0.994
100	$IF(\{r\}>544,-1.399*\text{LOG}(\{r\})+12.862,4.0)$	0.997

Fuente: Elaboración propia

Coordinación entre curvas circulares

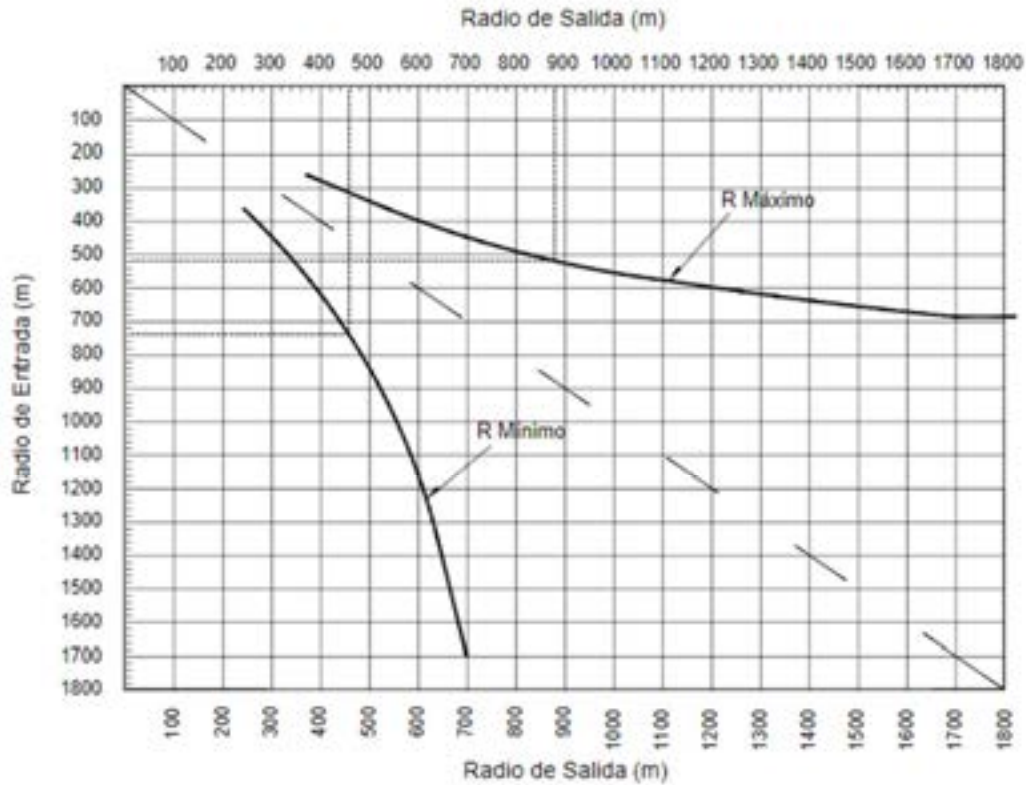
La relación de radios de las curvas circulares en todas las carreteras no superará los valores obtenidos de las figuras cuando se enlazan curvas circulares consecutivas sin una tangente intermedia o mediante una tangente de longitud menor o igual a 200 m.



Figura 30 Relación de radios-autopistas y carreteras de Primera clase

Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia

Así como mediante tangente de longitud o igual que 200 m para carreteras del grupo 1



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.06)

Curvas de transición

Son espirales que tienen por objeto evitarlas discontinuidades en la curvatura del trazo.

Determinación de la longitud de la curva de transición.

$$L_{min} = \frac{V}{46.656j} \left[\frac{V^2}{R} - 1.27p \right] \quad 37$$

Donde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curva circular (m)

J : aceleración (m/s^3)



p : *peralte*

Parámetros mínimos y deseables

- *Limitación de variación por estética y guiado óptico*
- *Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal*

La condición $A > R / 3$ corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición.

- *Por condición de desarrollo del peralte*

Si R requiere $p < 3\%$. Se debe usar curva de transición

Si R requiere $p < 3\%$. Se debe prescindir de la curva de transición para $V < 100$ km/h

Si R requiere $p < 2.5\%$. Se debe prescindir de la curva de transición para $V < 110$ km/h

Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Los radios circulares límite calculados con un J_{\max} de 0.4 m/s^3 y considerando que solo se desarrollará el 70% del peralte necesario al principio de la curva circular.

Tabla 45 *Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición*

V	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	35	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

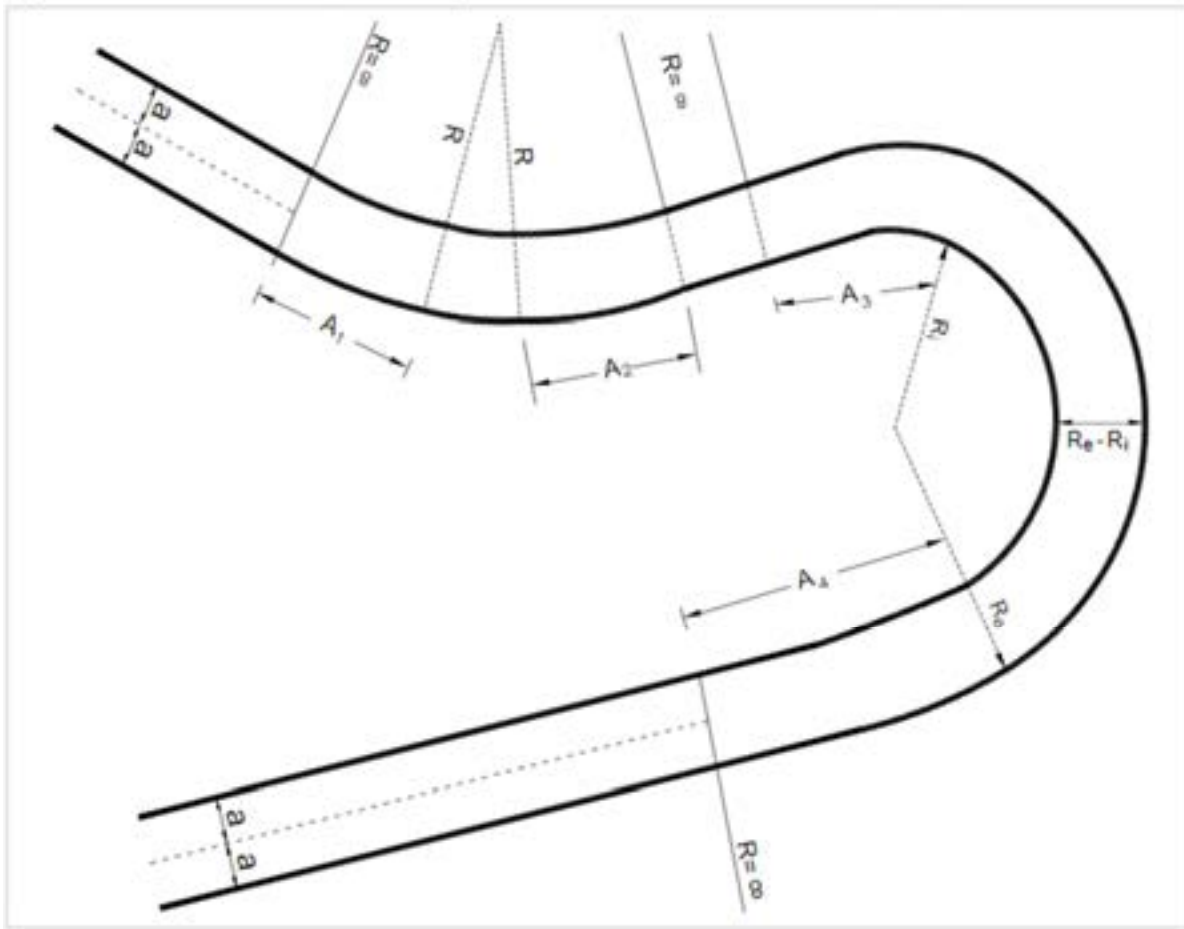
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.11A)

Curvas de vuelta

En las autopistas no se utilizarán estas curvas, pero en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en situaciones excepcionales justificadas técnica y económicamente, con un radio interior mínimo de 20 metros.



Figura 31 Alineamiento de entrada y salida de la curva de vuelta



Fuente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.13)

La siguiente tabla muestra los valores de Radio interior y exterior para camiones

Tabla 46 Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior	Radio exterior mínimo R_e (m). Según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.00	14.00	15.75	17.50
7.00	15.50	16.50	18.25
8.00	15.25	17.25	19.00
10.00	16.75	18.75	20.50
12.00	18.25	20.50	22.25
15.00	21.00	23.25	24.75
20.00	26.00 ¹	28.00	29.25

Tabla 46 Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior	Radio exterior mínimo R_e (m). Según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, tab. 302.12)

¹La tabla considera un ancho de calzada de 6m. en tangente, en caso de que ella sea superior,

R_e deberá aumentarse consecuentemente hasta que $R_e - R_i =$ Ancho normal calzada

Donde:

T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.

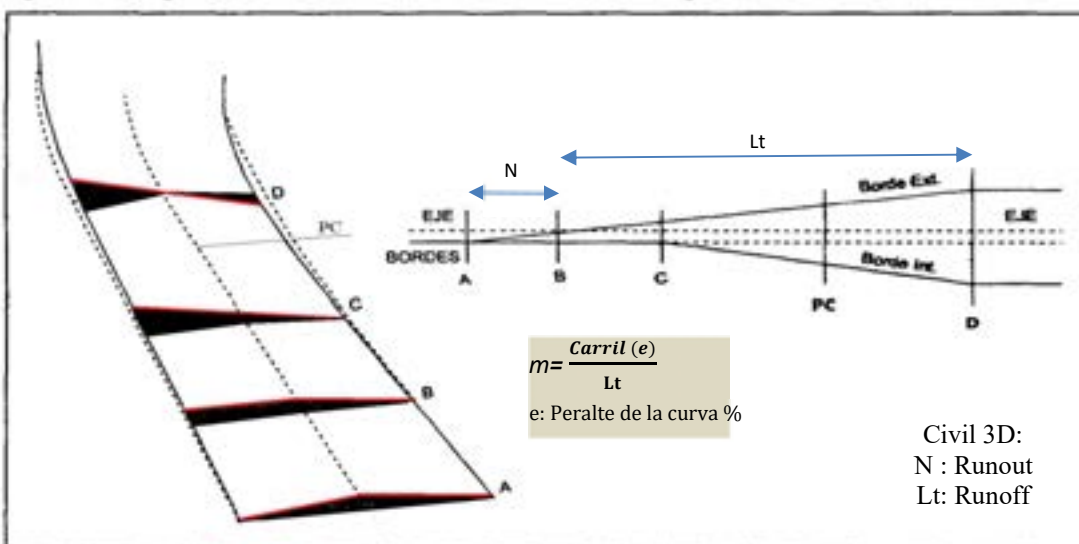
C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero

C2+C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente

Transición de peralte

El peralte es la inclinación transversal de la carretera en curvas para contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. La transición del peralte se produce en la traza del borde de la calzada, donde se produce un cambio gradual de la pendiente del borde entre la zona en tangente y la zona peraltada de la curva. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 152)

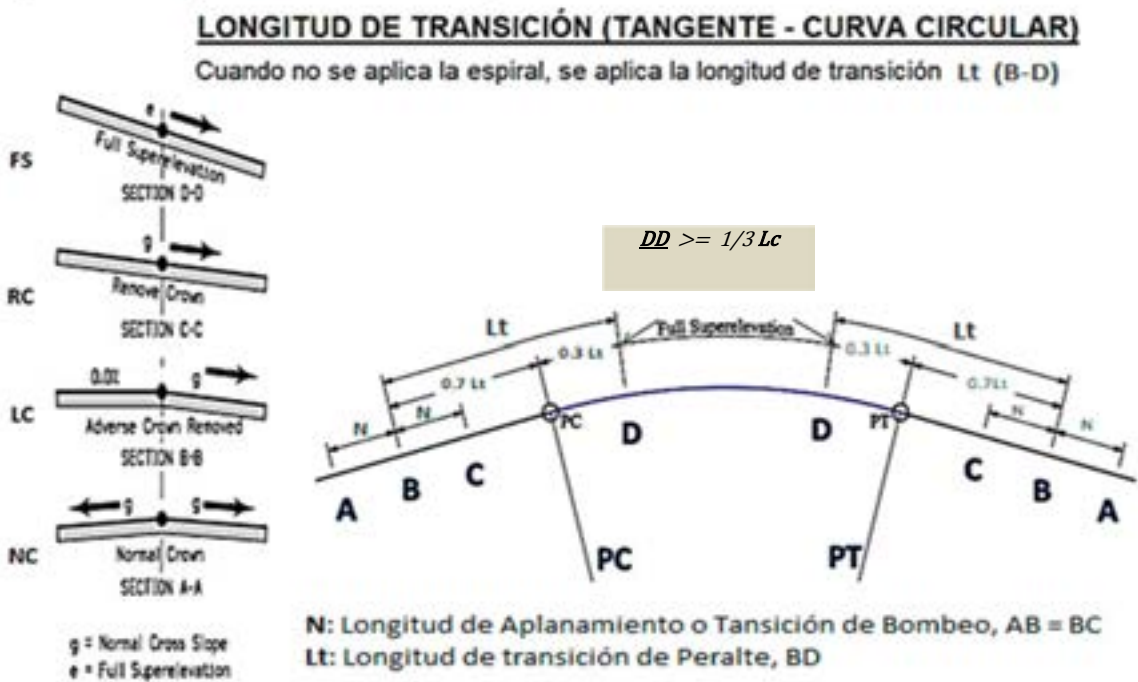
Figura 32 Representación de transición de bombeo a peralte



Fuente: cat

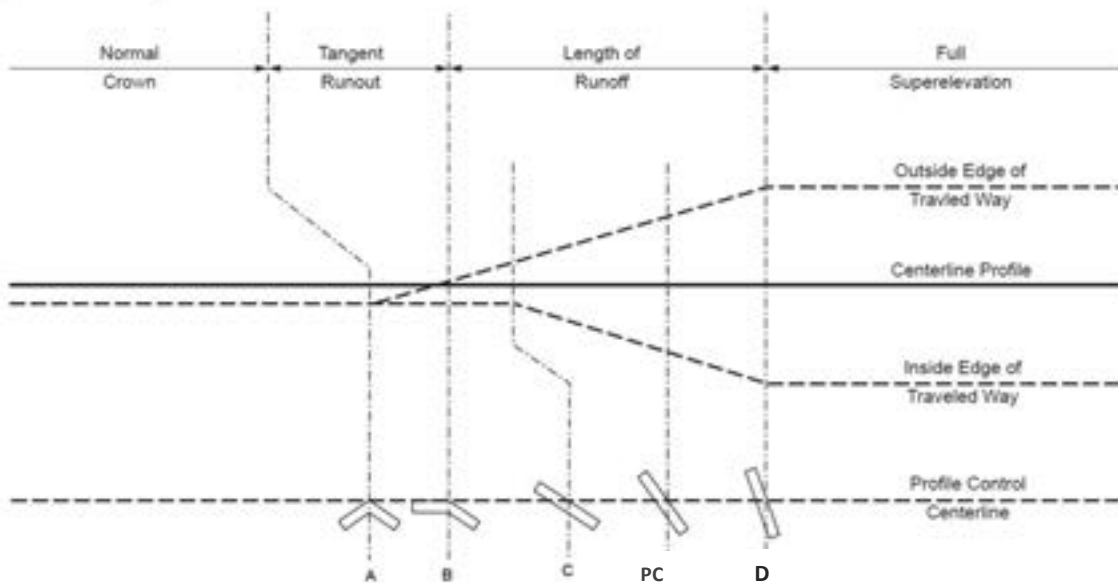


Figura 33 Longitud de transición (tangente-curva circular)



Fuente: Adpatado del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

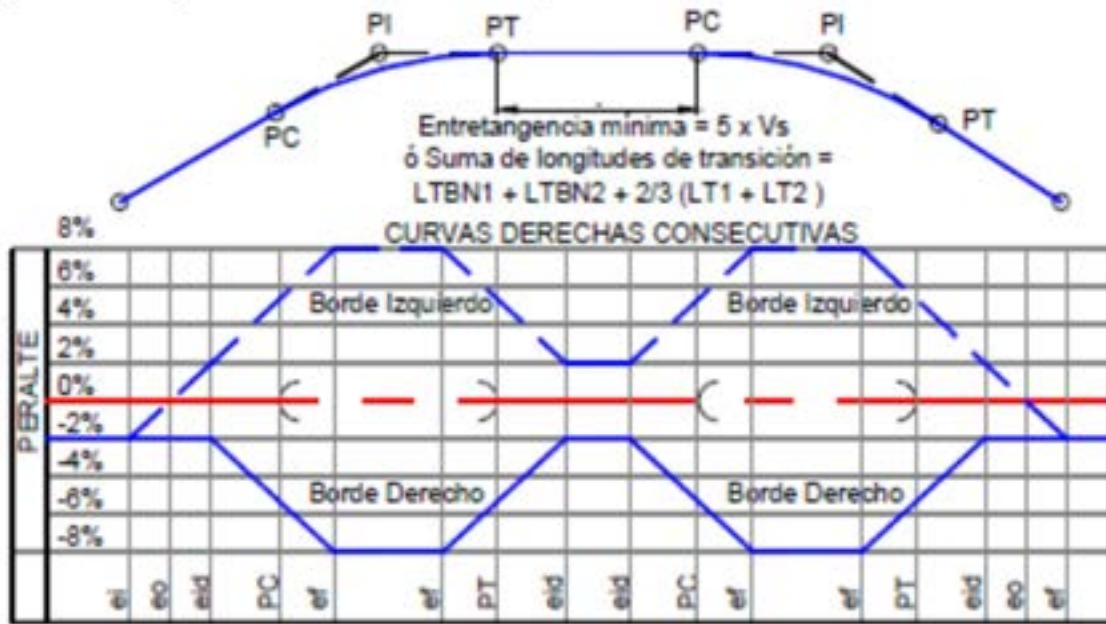
Figura 34 Longitud de transición de curvas circulares en civil 3D



Fuente: Adpatado del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

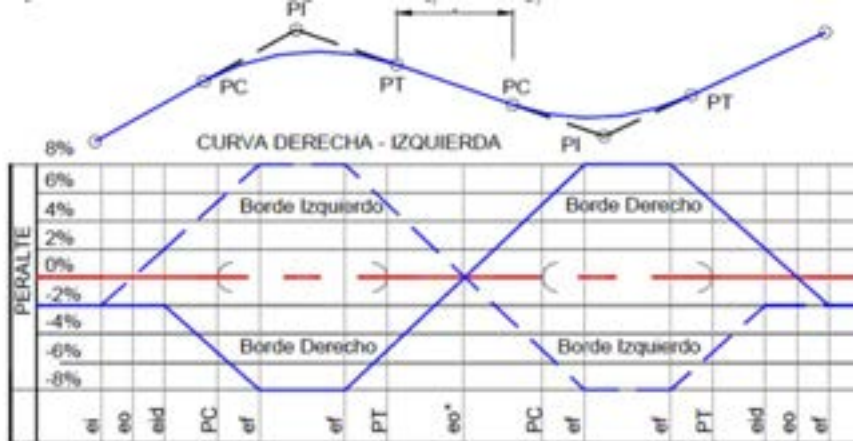


Figura 35 Longitud de transición curva-tangente-curva



Fuente: Adpatado del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Figura 36 Longitud de transición (espiral-tangente-espiral)



Fuente: Adpatado del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

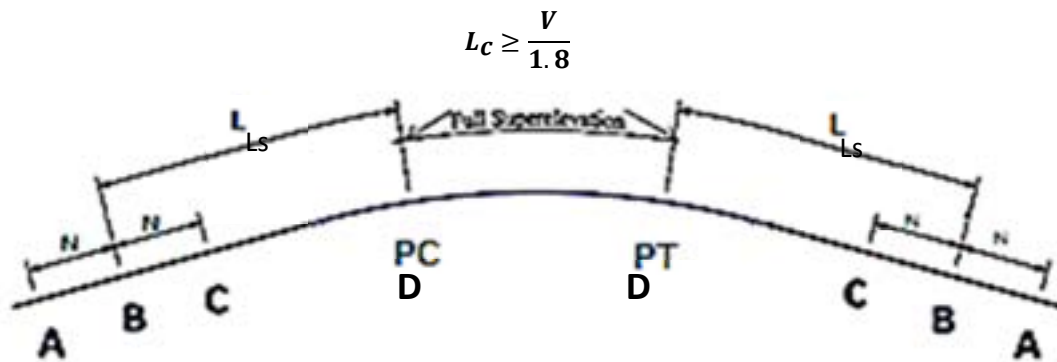


Figura 37 Longitud de transición con curvas de transición

$m \text{ mín} = 0.1(\text{Carril}) \%$



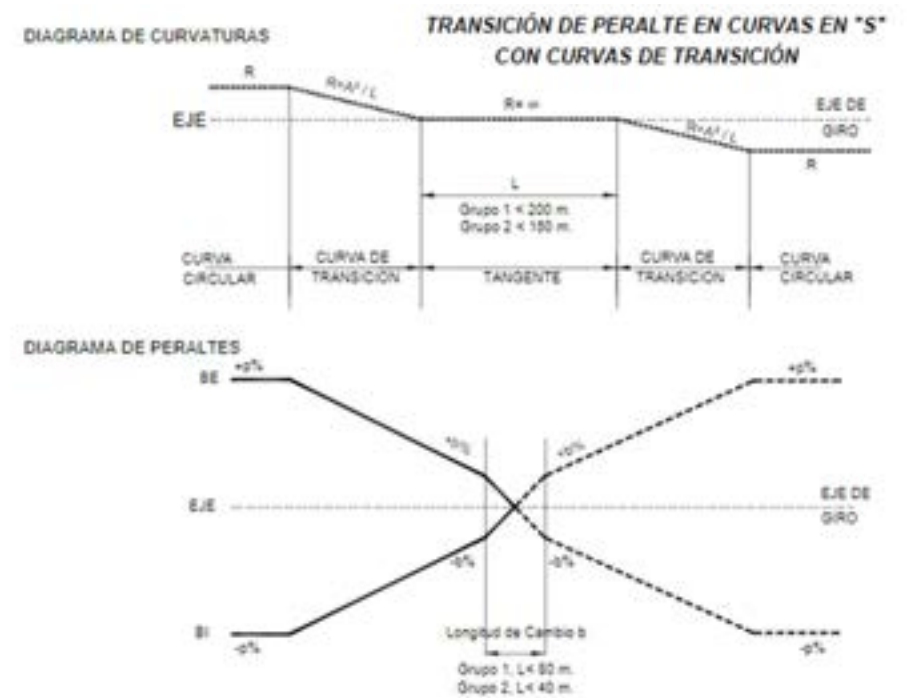
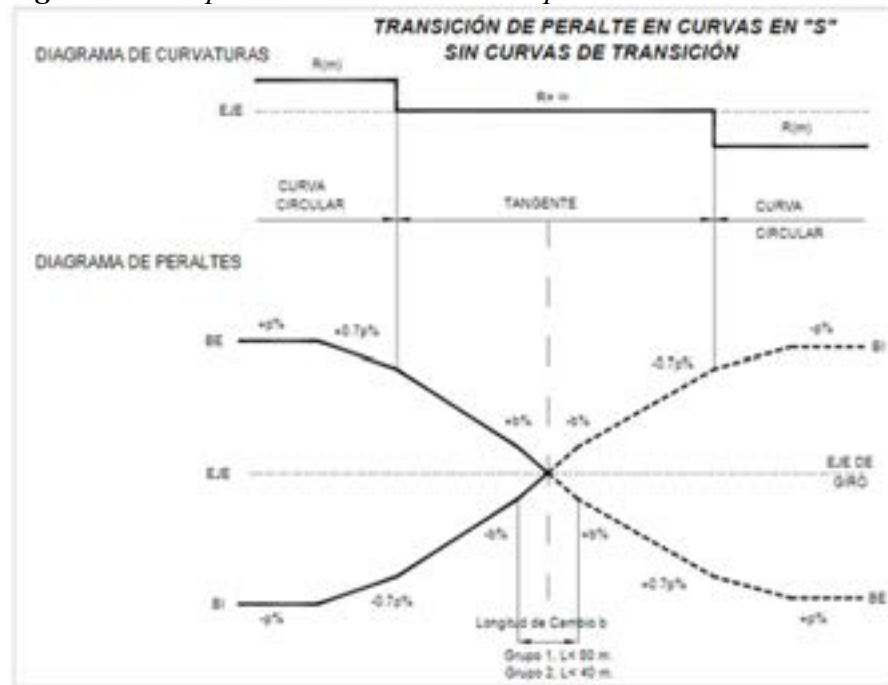
$L_t \text{ máx} = 5 * (n + 1) * e$



Fuente: Adaptado del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)



Figura 38 Comparación de transición de peralte en curvas S



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.16)



El desvanecimiento del bombeo se realizará en una alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40m) en carreteras de calzada separada y en una longitud máxima de veinte metros (20m) en carreteras de calzada única, y de la siguiente manera:

- Bombeo con dos bombillas. El bombeo se mantendrá en el lado de la plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, mientras que se desvanecerá en el lado que tiene el sentido opuesto al peralte.
- El bombeo tiene una pendiente única que sigue el peralte subsiguiente. El bombeo se mantendrá hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con una sola pendiente que va en dirección opuesta al peralte subsiguiente. El bombeo de toda la plataforma desaparecerá.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguiente:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de vías separadas, y de (20 m) para carreteras de vía única.
- Desde el punto de peralte (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

Sobrecancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía en las curvas para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad 38$$

Donde:

S_a : Sobrecancho (m)

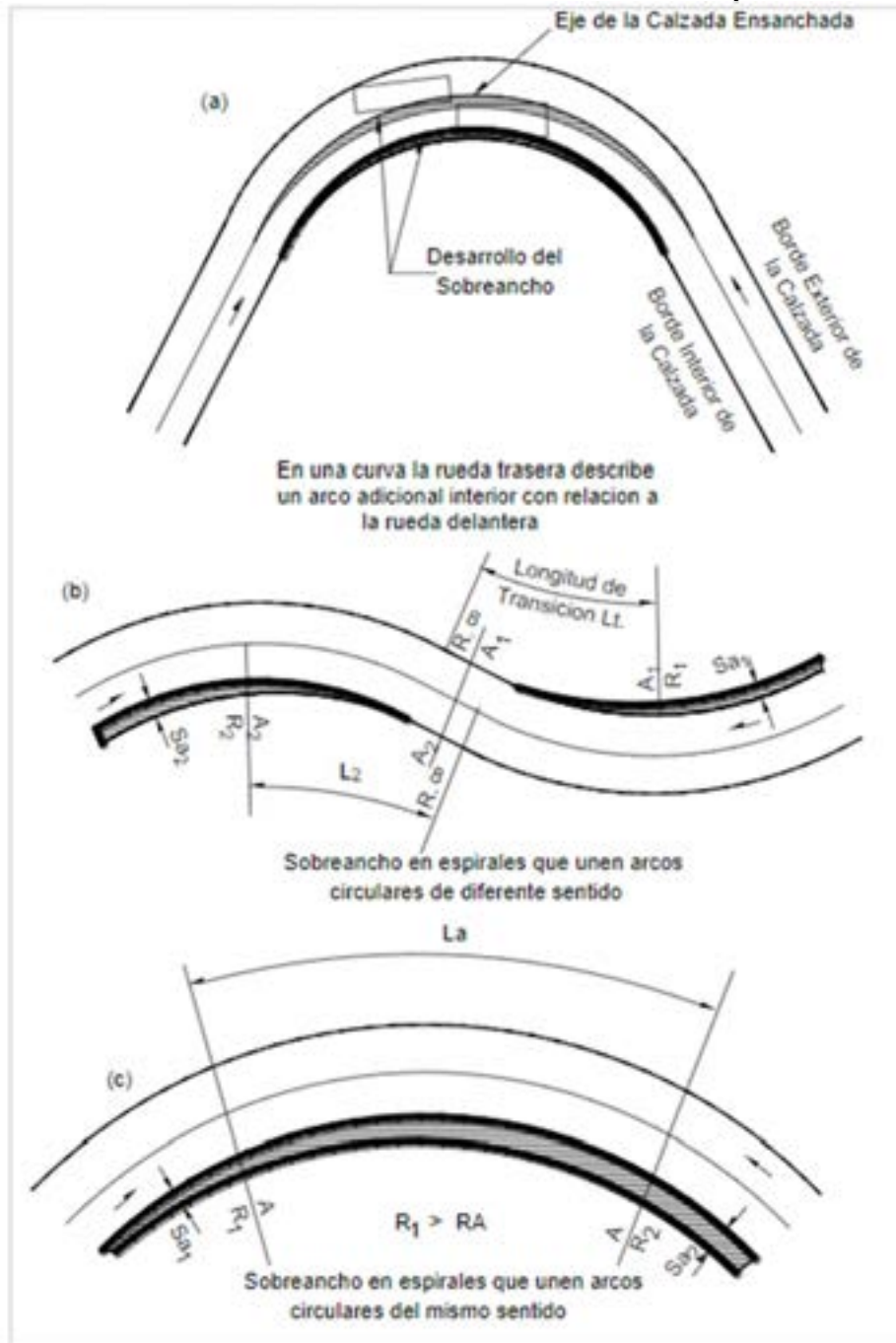
n : Número de carriles

R_c : Radio de curvatura circular (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

Figura 39 Distribución del sobreebanco en los sectores de transición y circular



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 302.19)

Desarrollo del sobreebanco

El sobreebanco debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas para garantizar un lineamiento continuo en los bordes de la calzada.

En curvas circulares simples, el sobreebanco se desarrolla linealmente a lo largo del lado interno



de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte, por razones de apariencia. El sobreebanco se desarrolla linealmente en las curvas en espiral, mientras que la longitud se espiraliza.

Para poder utilizar la ecuación 38, en civil 3D se puede escribir de la siguiente forma.

$$S_a = \sqrt{r^2 - w_l^2} + 0.05 \cdot v / \sqrt{r}$$

{r} : radio de curvatura

{v} : velocidad directriz

{w_l} : Ancho del vehículo de diseño

Diseño en perfil

Se compone de rectas que están conectadas por curvas verticales parabólicas y que son tangentes a estas rectas.

Los cálculos de la longitud de una curva vertical cóncava y convexa se realizan utilizando el índice de curvatura y los criterios de distancia de visibilidad de paso y parada..

Tabla 47 Valores de índice K para el cálculo de LCV

V	f	Dist. Parada S = D _p	Convexa (CREST) K mín	Cóncava (SAG) K mín
20	0.18	20	1	3
30	0.17	35	2	6
40	0.17	50	4	9
50	0.16	65	7	13
60	0.15	85	11	18
70	0.14	105	17	23
80	0.14	130	26	30
90	0.13	160	39	38
100	0.12	185	52	45
110	0.11	220	74	55
120	0.09	250	95	63
130	0.08	285	124	73

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, tab. 302.02 y 302.03)

Diseño en sección transversal

El diseño geométrico de la sección transversal describe los componentes de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal. Esto permite definir la disposición y



dimensiones de los componentes en su lugar correspondiente y su relación con el terreno natural. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

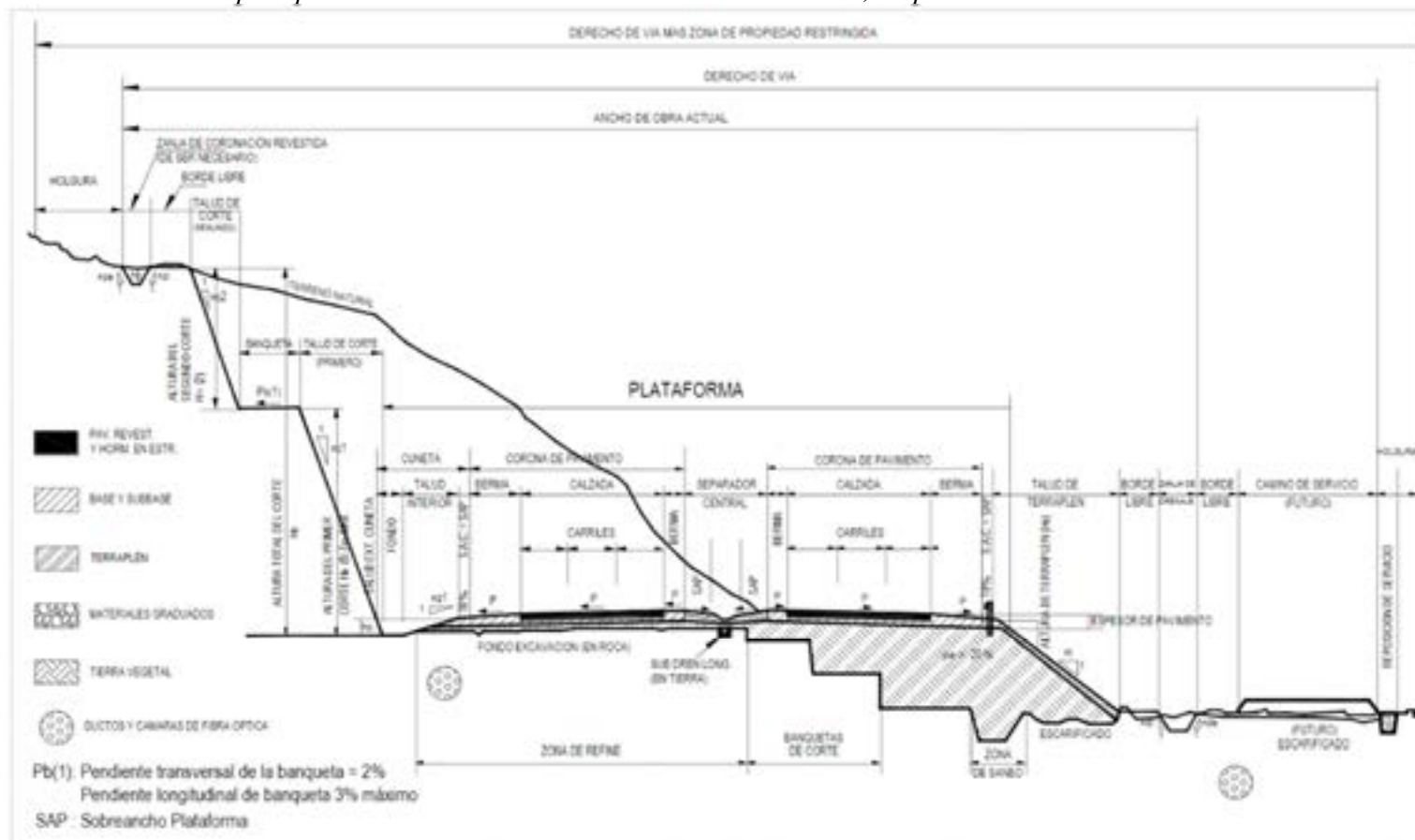
Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

- En autopistas: el número mínimo de carriles por calzada será de dos
- En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada



Figura 40 Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 304.02B)



Tabla 48 Anchos mínimos de calzada en tangente

Vel.(km/h)	Autopista								Carretera			
	1ra clase-1	1ra clase-2	1ra clase-3	1ra clase-4	2da clase-1	2da clase-2	2da clase-3	2da clase-4	1ra clase-1	1ra clase-2	1ra clase-3	1ra clase-4
20												
30												
40												
50											7.20	7.20
60					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
70			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
80	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	
90	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		
100	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20			
110	7.20	7.20			7.20							
120	7.20	7.20			7.20							
130	7.20											

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 304.01)

Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera que confina la capa de rodadura y sirve como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.



Tabla 49 *Anchos de bermas*

Vel.(km/h)	Autopista								Carretera			
	1ra clase-1	1ra clase-2	1ra clase-3	1ra clase-4	2da clase-1	2da clase-2	2da clase-3	2da clase-4	1ra clase-1	1ra clase-2	1ra clase-3	1ra clase-4
20												
30												
40												
50											2.60	2.60
60					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60
70			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
80	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
90	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		
100	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00			
110	3.00	3.00			3.00							
120	3.00	3.00			3.00							
130	3.00											

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 304.02)

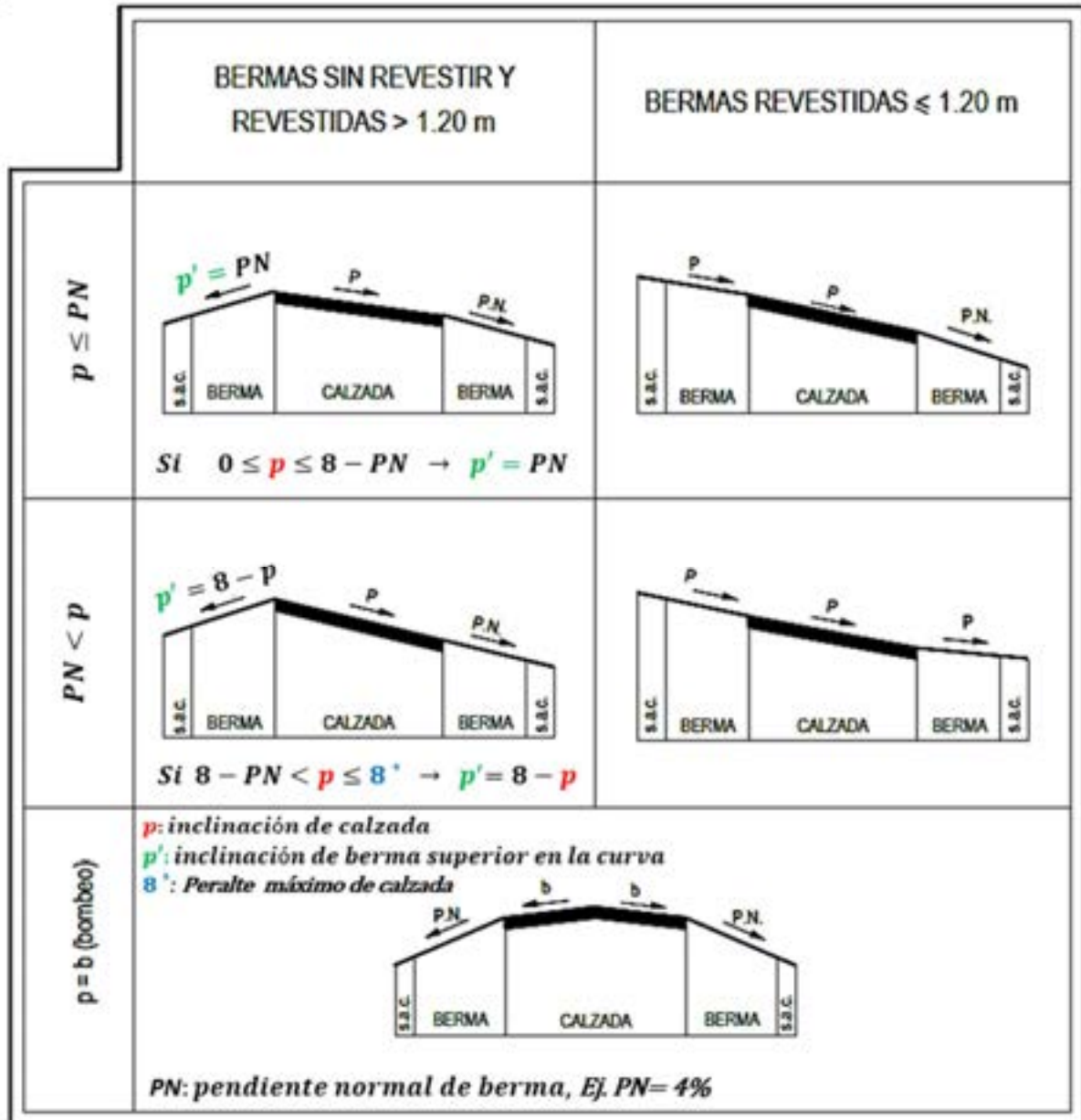
Inclinación de las bermas

Si se pavimenta la berma, se debe agregar una banda lateral de al menos 0,5 m de ancho sin pavimentar para garantizar un confinamiento adecuado.

Esta banda se conoce como sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede ser utilizada para ubicar señales y defensas.



Figura 41 Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales



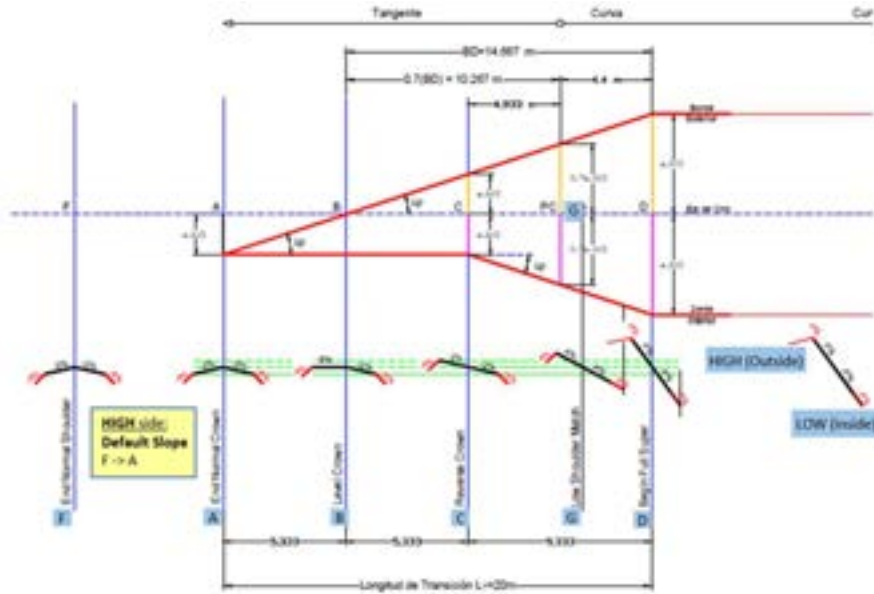
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 304.03)

Bombeo

Inclinación mínima con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. Depende del tipo de superficie de rodadura y los niveles de precipitación.

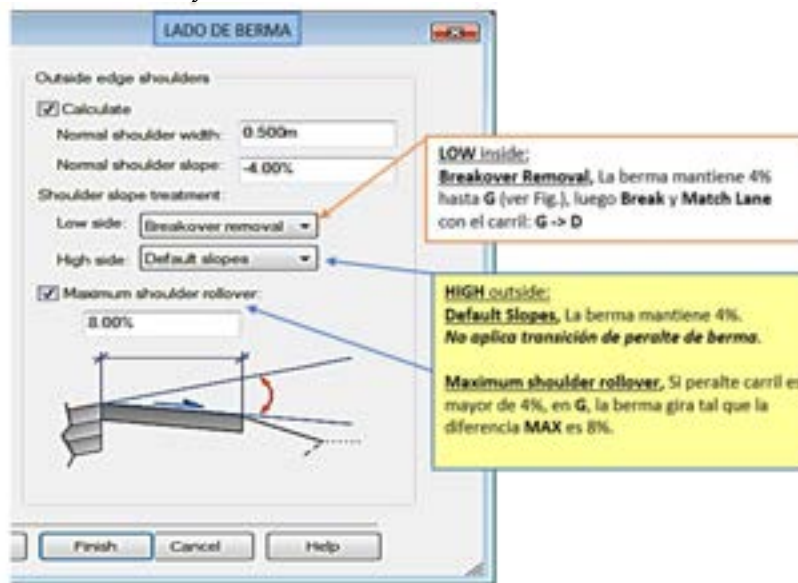


Figura 42 Peralte en bermas



Fuente: Adaptado

Figura 43 Bermas revestidas y sin revestir >1.20 m



Verificar: * Begin shoulder rollover (In Region)
* End shoulder rollover (Out Region)

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50 Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento Portland asfáltico y/o concreto	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, Tab. 304.03)

Peralte

Inclinación transversal de la carretera, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Tabla 51 Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, Tab. 304.08)

Derecho de vía

El área de terreno con un ancho variable que abarca la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para los usuarios.

Tabla 52 Anchos mínimos de derecho de vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
autopistas 1° clase	40
autopistas 2° clase	30
Carreteras 1° clase	25
Carreteras 2° clase	20
Carreteras 3° clase	16

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, Tab. 304.09)

En los siguientes casos, los anchos de la faja de dominio, fijados por la autoridad competente, se incrementarán en 5.00 m:

- Del borde superior de los taludes de corte más alejados
- Del pie de los terraplenes más altos

- Del borde más alejado de las obras de drenaje
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Taludes

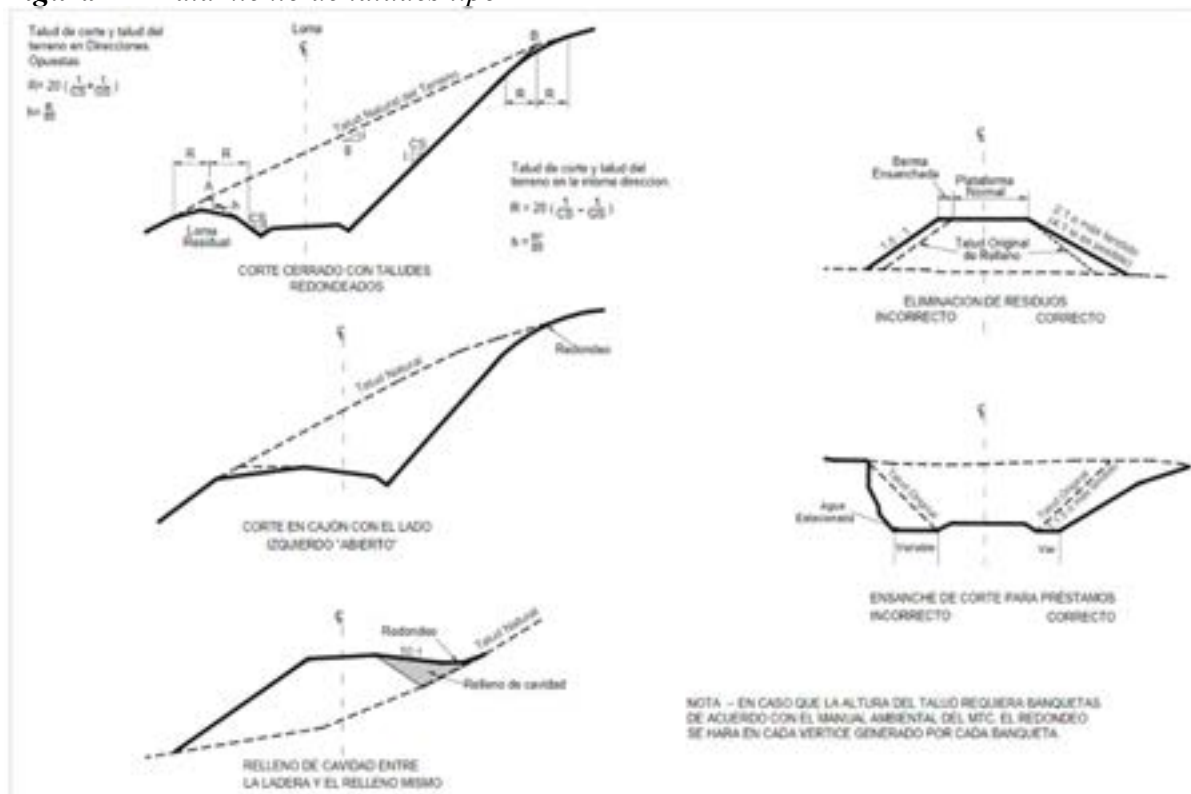
La inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera en zonas de corte y terraplenes se conoce como talud. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por la línea teórica horizontal y el plano de la superficie del terreno.

Tabla 53 Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V)

Altura de corte	roca fija	roca suelta	grava	limo o arcilla	arenas
<5m	01:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
5-10m	01:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
>10m	01:08	1:2	*	*	*

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, Tab. 304.10)

Figura 44 Tratamiento de taludes tipo



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, fig. 304.08)



Tabla 54 Valores referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Altura de corte	Gravas, limo arenoso y arcilla	Arena	Enrocado
<5m	1:1.5	1:2	1:1
5-10m	1:1.75	1:2.25	1:1.25
>10m	1:2	1:2	1:1.5

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, Tab. 304.10)

La transición entre taludes es necesaria.

En las transiciones de corte de más de 4.00 m a terraplén, se deberán colocar taludes con una altura de 2.00 m y una longitud de alabeo no inferior a 10.00 m.

Cunetas

Son canales que se construyen lateralmente a lo largo de la carretera para conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales de la plataforma.

Puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o cualquier otra geometría que sea más adecuada para la sección transversal de la vía y prevea la seguridad vial.

La pendiente longitudinal mínima absoluta para cunetas revestidas y sin revestir será del 0.2%.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, serán la expansión, construcción de nuevos carriles de circulación, puentes y pasos a desnivel en áreas críticas de congestión implementando sistemas ITS.

2.3.2. Sub-Hipótesis

PE 1. Los valores actuales de ATS varían entre >30-40 mph, PTSF varían entre >80-65% y la densidad actual entre >35 – 26 pc/mi/ln. En la vía Cusco – aeropuerto de Chinchero.

PE 2. Los valores en un horizonte de 10 años de ATS podrían ser de >20-30 mph, PTSF variarían entre >80-65% y densidad >35 – 26 pc/mi/ln. en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero

PE 3. Las alternativas de diseño geométrico incluyen la implementación de sistemas ITS, expansión de carriles y pasos a desnivel para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años



2.4. Variables e indicadores

Nivel de servicio y diseño geométrico



2.4.1. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 55 Operacionalización de variables

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

VARIABLES	Definición operacional	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos
Nivel de servicio	El nivel de servicio se operacionaliza con el porcentaje de tiempo en colas, velocidad promedio y densidad	Condiciones operativas	Son las categorías que desarrollan los usuarios en relación con su cantidad, volumen y velocidad.	Volumen vehicular, Factor de hora punta PTSF - Número de tiempo en seguimiento ATS - Velocidad promedio de viaje PFFS - Velocidad a flujo libre Densidad	#formato de vehículo flotante Guía y formatos HCM 2016 Guía y formatos HCM 2016 Guía y formatos HCM 2016 Guía y formatos HCM 2016
		Condiciones Geométricas	Se define como las características físicas de la estructura que soporta el flujo vehicular	Tipo de terreno Categoría de la vía, número de carriles Ancho de calzada Sentido del flujo Longitud y pendiente del tramo Densidad del punto de acceso (Pts/Km)	Guía y formatos HCM 2016 #formato de vehículo flotante Guía y formatos HCM 2016 #formato de recolección de datos Guía y formatos HCM 2016 Guía y formatos HCM 2016
Diseño geométrico	Proceso que define el trazo y las características físicas de una vía para el flujo de vehículos	Condiciones Operativas	Son las características que determinan las condiciones geométricas	IMDA Velocidad de diseño Tipo de orografía Tipo de vehículo de diseño Distancia de visibilidad Nivel de servicio	Manual de DG – 2018 MTC Manual de DG – 2018 MTC Levantamiento topográfico, DG 2018 Manual de DG – 2018 MTC Manual de DG – 2018 MTC Guía y formatos HCM 2016
		Condiciones geométricas	Se define como las características físicas de la estructura que soporta el flujo vehicular	Diseño geométrico en planta Diseño geométrico en perfil Diseño geométrico de sección transversal	Manual de DG – 2018 MTC Manual de DG – 2018 MTC Manual de DG – 2018 MTC

Fuente: *Elaboración propia*



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación es cuantitativa y utiliza un enfoque secuencial y probatorio. Aunque podemos redefinir algunas etapas, cada etapa precede a la siguiente en un orden riguroso. Parte de una idea, que se desarrolla y se define, luego se derivan los objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se crea un marco o una perspectiva teórica. Se establecen hipótesis y variables, se crea un plan para probarlas, se miden las variables en un determinado contexto, se analizan las mediciones obtenidas con frecuencia utilizando métodos estadísticos, y se llegan a una serie de conclusiones sobre las hipótesis, ya que se recopilarán datos y se comprobarán las hipótesis utilizando métodos matemáticos y estadísticos. (Hernández Sampieri et al., 2014)

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

Debido a que busca conceptualizar la variable de nivel de servicio y el diseño geométrico, es de nivel descriptivo. Sin embargo, al manipular los indicadores del diseño geométrico, se buscó relacionar las variables mencionadas mediante el tiempo de viaje (velocidad de diseño).

3.1.3. Método de investigación

En la investigación se utiliza el método hipotético-deductivo, que consiste en proponer una hipótesis a partir de las inferencias obtenidas de datos empíricos, principios y leyes generales. Esto se puede lograr mediante procedimientos inductivos o deductivos, y es el camino principal para inferencias lógico-deductivas que permiten llegar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que luego pueden ser verificadas experimentalmente. (Hernández Sampieri et al., 2014)

3.2. Diseño de la investigación

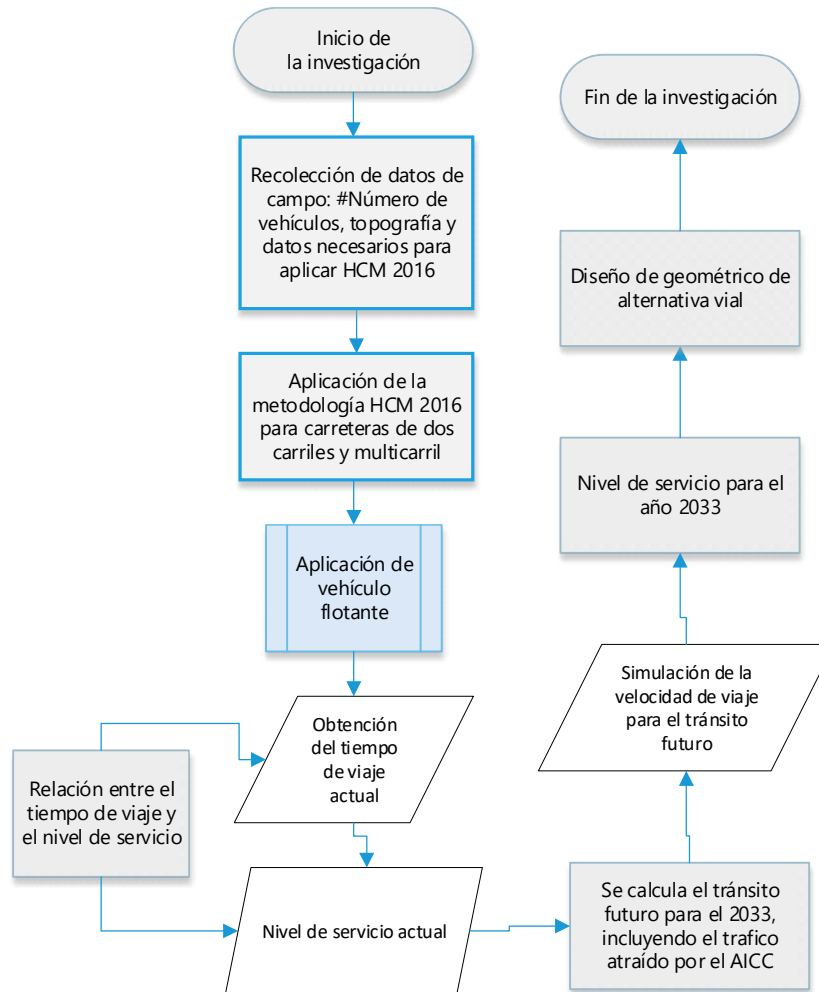
3.2.1. Diseño metodológico

Diseño transversal no experimental Es necesario recopilar datos en un solo momento y observar y evaluar su apariencia real. El objetivo es determinar la relación potencial entre ellos y

desarrollar un modelo que pueda explicar el fenómeno analizado. Este tipo de investigación parte de un problema y busca las posibles causas.

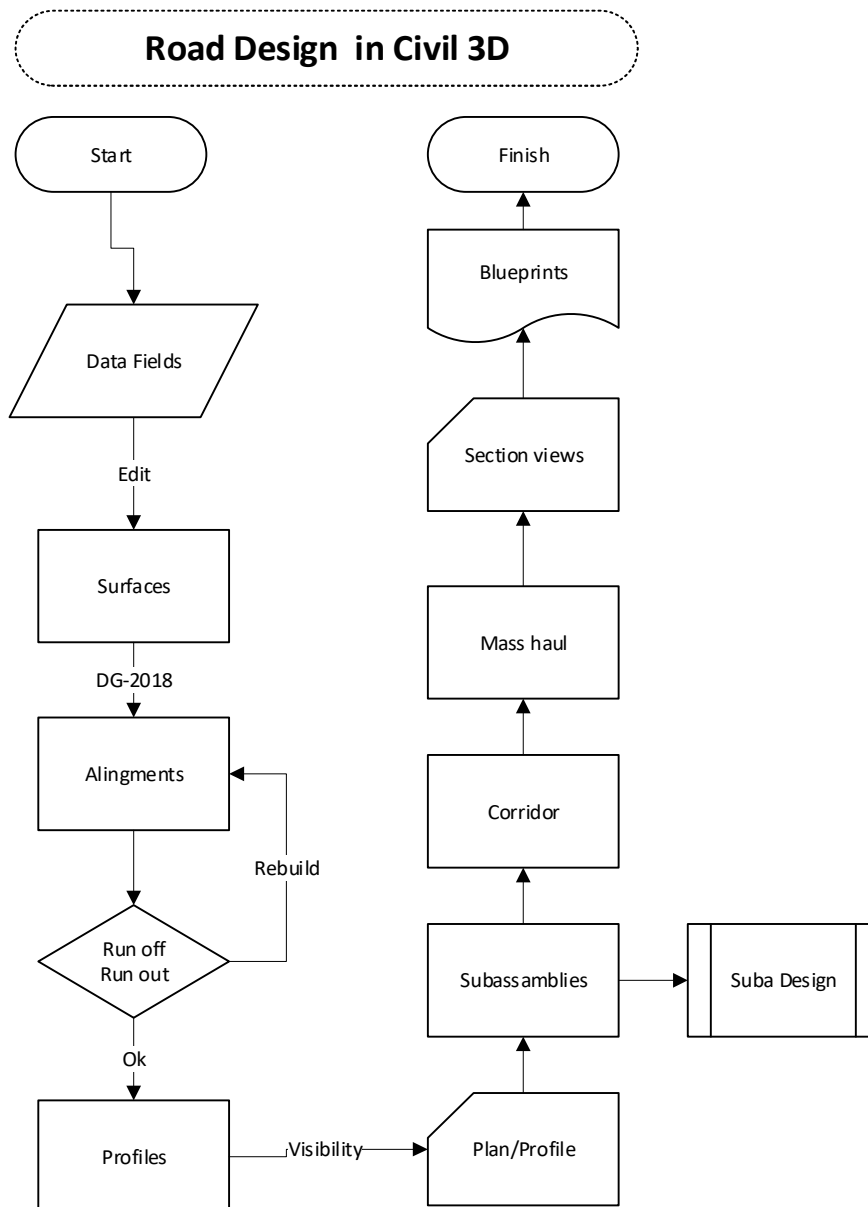
3.2.2. Diseño de Ingeniería

Figura 45 Flujograma de diseño de ingeniería



Fuente: Elaboración propia

Figura 46 Flujograma de diseño geométrico en Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El conjunto de todos los casos que cumplen con una serie de especificaciones se conoce como población. (criterios para incluir y excluir).(Hernández Sampieri et al., 2014)

la población fueron los vehículos que circularon en la carretera Cusco-Chinchoero

Descripción de la población

La población fueron los vehículos que circulan en la vía Cusco – Chinchoero de ida como de



retorno.

Cuantificación de la población

Se cuantificaron los vehículos ligeros y pesados que circularon en el área de análisis durante 07 días desde las 6:00 – 21:30

3.3.2. Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población.

La muestra fue la mayor cantidad de vehículos que circularon en el área de análisis durante 15 minutos

Descripción de la muestra

La muestra es no probabilística, y se ve representada por vehículos ligeros y pesados que transitaban en la vía Cusco – Chinchero durante el periodo de análisis.

Cuantificación de la muestra

La muestra fue compuesta por el máximo número de vehículos que cruzaron el punto de aforo durante 15 minutos en el periodo de análisis.

Método de muestreo

Según (Hernández Sampieri et al., 2014), el método de muestreo no fue probabilístico; en este caso, la elección de los elementos no dependió de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características de la investigación. En este caso, el proceso no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad; en cambio, se basa en el proceso de toma de decisiones de una persona o grupo, y estas muestras se seleccionan de acuerdo con otros criterios de investigación.

Criterios de evaluación de muestra

El manual de capacidad de vía utiliza la mayor cantidad de vehículos que pasaron una sección de vía durante 15 minutos de análisis y deben clasificarse en vehículos ligeros y pesados para la muestra.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos de recolección fueron formatos manuales:

3.4.2. Formato de conteo vehicular

El formato para realizar aforos de vehículos en campo se muestra en la **Tabla 56**, que fue diseñado para marcar fácilmente el número de vehículos observados con una raya en los cuadrados marcados. El formato se dividió en grupos según el tipo de vehículo y tiene un tiempo de análisis de 15 minutos. El formato utilizado para procesar los datos recopilados en campo y procesados en gabinete.


Tabla 56 Formato de conteo vehicular

Aforador: Hora de inicio:		Fecha:	
		SN Hacia Chinchero ▲	NS Hacia Cusco ▼
Auto		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Station Wagon		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Camionetas	Pick up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Panel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Rural combi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Micro		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BUS	2E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAMIÓN	2E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SEMI-TRÁILER	2S1/2S2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2S3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3S1/3S2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	>=3S3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRAILER	2T3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2T3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3T2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	>=3T3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia




Tabla 59 Formato de tiempos de recorrido

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA</p>				
<p>“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco-Aeropuerto de Chinchero, 2023”</p>				
Lugar	Km	Tiempo en marcha	Tiempo detenido	Motivo

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Formato de velocidad

Tabla 60 Formato de velocidad puntual

 <p>Formato de velocidad puntual UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA</p>						
<p>“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”</p>						
Estación:	Sentido:			N°		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Instrumentos de ingeniería

Tabla 61 Instrumentos de ingeniería









Figura	Estudio de velocidad	Diseño Geométrico
	si	no
	si	no

Tabla 61 Instrumentos de ingeniería

Figura	Estudio de velocidad	Diseño Geométrico
	no	si
	si	si
	no	si
	no	si
	si	si
	no	si

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Estudio de tiempo de recorrido

Pero para evaluar la calidad del movimiento de vehículos a lo largo de la ruta actual y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito, se utilizó el método del vehículo flotante para calcular la velocidad de recorrido.

Procedimiento

Para calcular la distancia recorrido y el tiempo empleado en cada uno de ellos, se realizaron



tres recorridos en ambos sentidos, comenzando por el terminal informal de Av. Grau hacia Chinchero. Se utilizaron el odómetro del vehículo, dos cronómetros y el sistema GPS de Google Maps para calcular estas variables.

La medición comenzó en el inicio del recorrido, con el cronómetro en marcha y el odómetro a cero. Debido al tráfico, se detuvo el cronómetro y se inició el otro. Se calculó la distancia recorrida y el tiempo empleado en el recorrido con estos datos.

3.4.7. Estudio de velocidad promedio

Después, se determinó el tiempo promedio siguiendo las recomendaciones de González Garrido en 1999. Según la Figura 44, se eligió un punto representativo de la carretera en la progresiva 5+475.96 para el estudio de la velocidad. Se midieron 60 metros y se grabó el tráfico durante una hora con una cámara.

Según el estudio de volumen de vehículos de 2016, se realizaron mediciones en ambas direcciones con una muestra aleatoria de al menos 100 velocidades de vehículos, siempre y cuando el flujo de vehículos en ambas direcciones fuera menor o igual a 200 vehículos por hora.

Un cronómetro se utilizó para procesar los datos en el gabinete después de la grabación.



Figura 47 Ubicación de puntos de muestreo



Ubicado en el Km 5+475, se consideró este punto de control por estar en el tramo de cuatro carriles, necesario para determinar la densidad de la vía y consiguientemente el nivel de servicio.

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Recopilación de datos geométricos

- Planta: La longitud de tangentes y el radio de giro de curvas horizontales mediante imágenes satelitales.
- Sección: ancho de carril, ancho de berma, veredas y etc. se midió con wincha en el tramo de 4 carriles en la Av. Grau y Prolongación de la Av. Antonio Lorena
- Superficie de la vía: Se utilizaron imágenes satelitales para la representación de la topografía
- Zonas de no adelantamiento

Datos Topográficos

Para efectos de la georreferenciación, se tuvo en cuenta que el elipsoide utilizado es el WGS-84 el cual es prácticamente idéntico al sistema geodético de 1980 (GRS80)



Figura 48 Topografía general



Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Análisis de elevaciones



Fuente: Elaboración propia

Datos de planta y perfil

Para obtener mayor precisión se verifico las dimensiones de la sección transversal de la vía en puntos debido al cambio de la sección en su ancho.

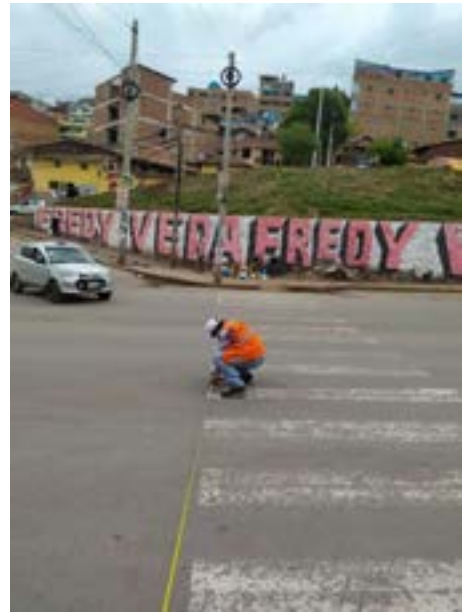
- Cusco - Poroy Km 3+900
- Ruta Poroy Cachimayo Km 2+200



Figura 50 Verificación de ancho de plataforma
Av. Grau



Figura 51 Verificación de ancho de plataforma
Av. Antonio Lorena



Fuente: Elaboración propia



Tabla 62 Datos geométricos tramo 01



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”



Figura en planta del sector



Figura en perfil del sector



Figura en sección del sector

Sector	Tramo 01
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	02+740.62
Pendiente del tramo (%)	7.6%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	10.58
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 63 Datos geométricos tramo 02



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”



Figura en planta del sector



Figura en perfil del sector

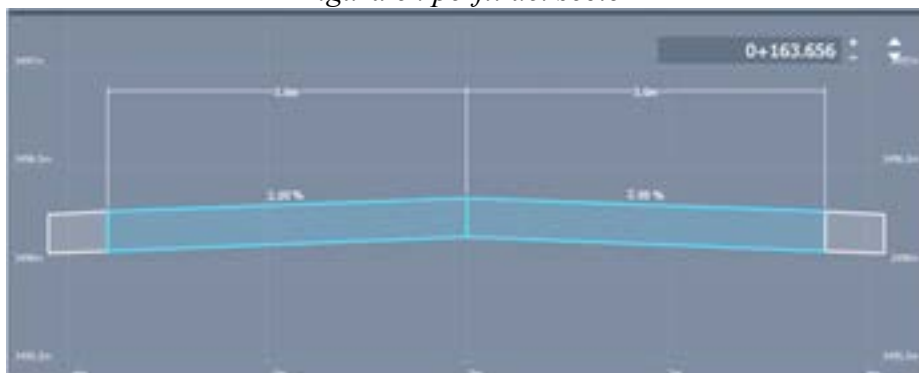




Figura en sección del sector

Sector	Tramo 02
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	03+675.967
Pendiente del tramo (%)	6.13%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	0
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64 Datos geométricos tramo 03



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

*“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de
Chincho, 2023”*



Figura en planta del sector

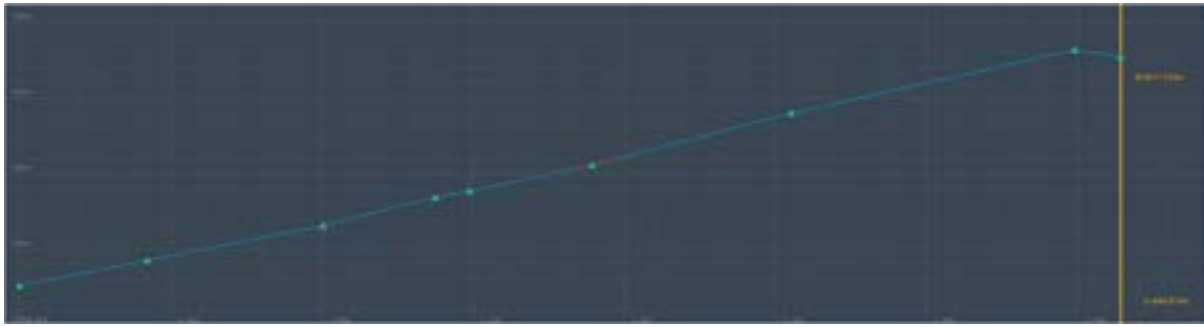


Figura en perfil del sector

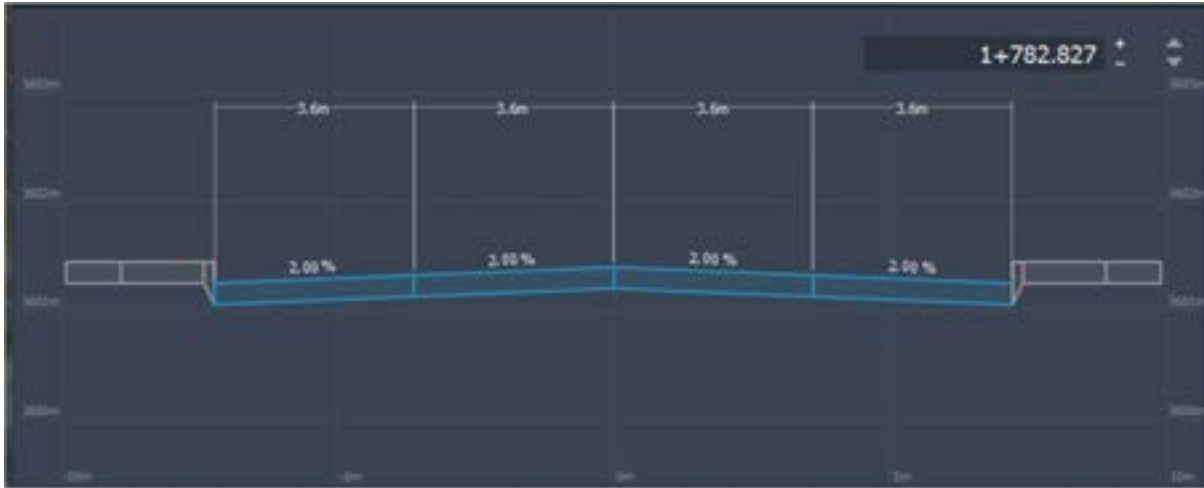


Figura en sección del sector

Sector	Tramo 03
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	04+581.167
Pendiente del tramo (%)	5.19%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	3.56
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 65 Datos geométricos tramo 04



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”



Figura en planta del sector

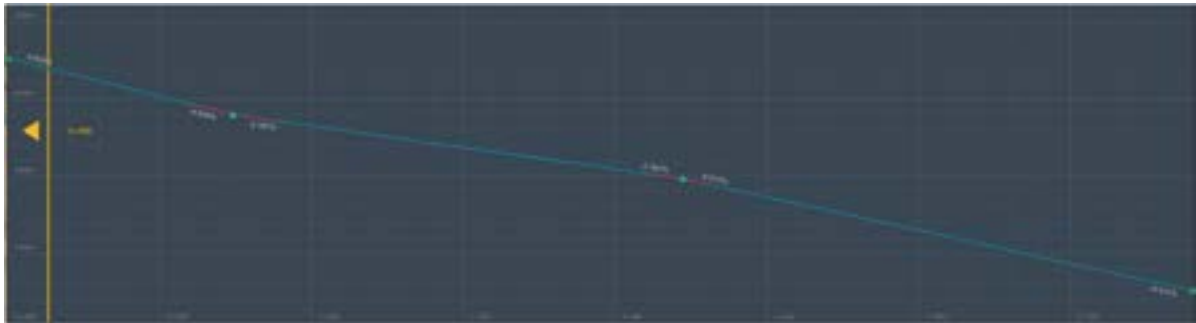


Figura en perfil del sector



Tabla 65 Datos geométricos tramo 04



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

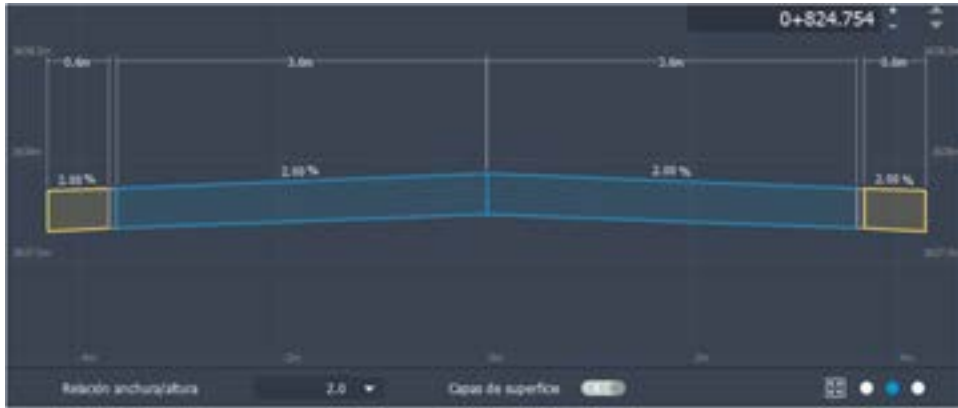


Figura en sección del sector

Sector	Tramo 04
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	08+485.767
Pendiente del tramo (%)	5.94%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	1.02
Porcentaje de zona de no rebase (%)	100%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66 Datos geométricos tramo 05



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”



Figura en planta del sector

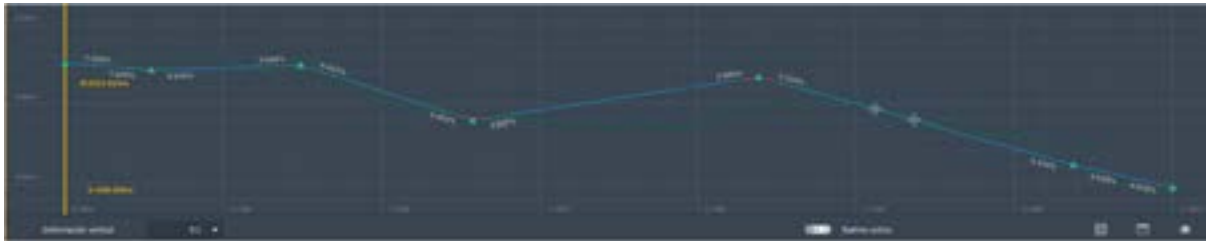


Figura en perfil del sector

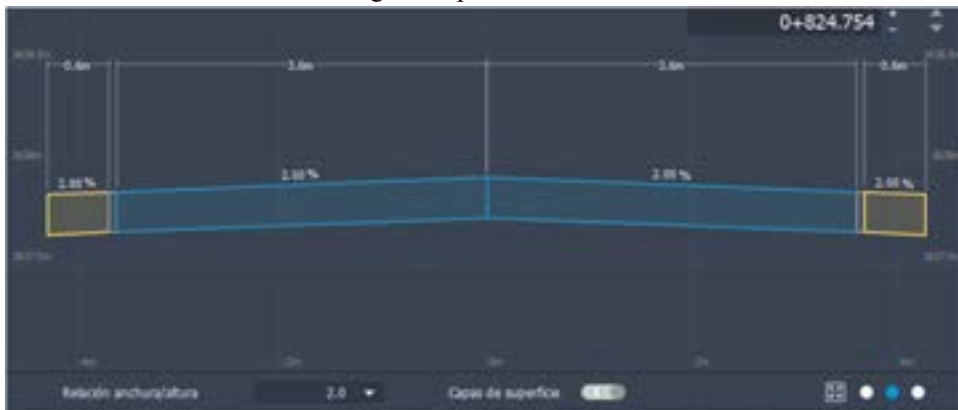


Figura en sección del sector



Tabla 66 Datos geométricos tramo 05



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”



Intersección Izcuchaca, Cachimayo

Sector	Tramo 05
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	11+985.767
Pendiente del tramo (%)	6.45%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	2.57
Porcentaje de zona de no rebase (%)	92.51%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 67 Datos geométricos tramo 06



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2022”



Figura en planta del sector

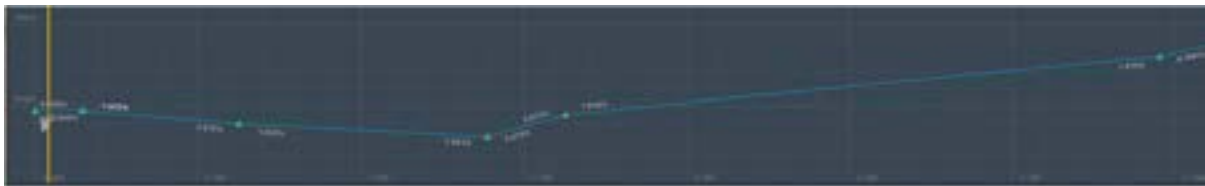


Figura en perfil del sector

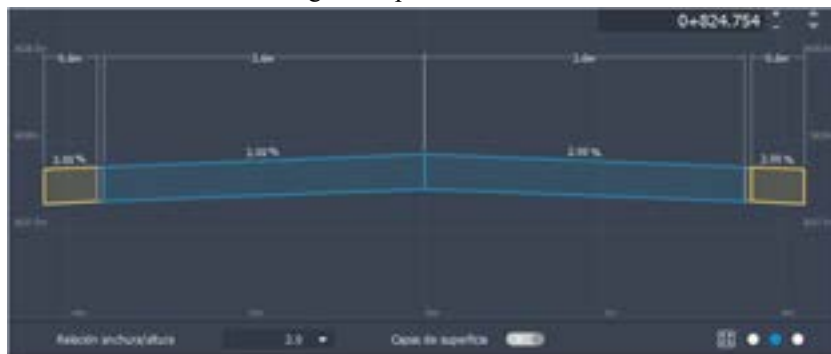


Figura en sección del sector



Tabla 67 Datos geométricos tramo 06



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2022”



Cruce de puente ferroviario

Sector	Tramo 06
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	3+500
Pendiente del tramo (%)	5.7%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	5.14
Porcentaje de zona de no rebase (%)	51.43%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 68 Datos geométricos tramo 07



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”



Figura en planta del sector



Figura en perfil del sector



Tabla 68 Datos geométricos tramo 07



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”

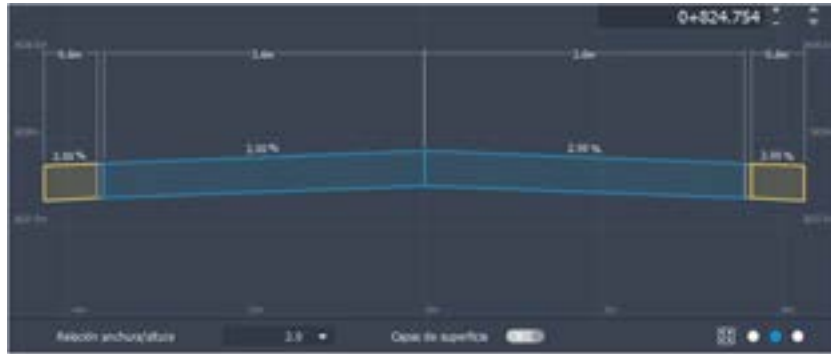


Figura en sección del sector

Sector	Tramo 07
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	3+500
Pendiente del tramo (%)	5.7%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	5.14
Porcentaje de zona de no rebase (%)	51.43%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 69 Datos geométricos tramo 08



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”



Figura en planta del sector

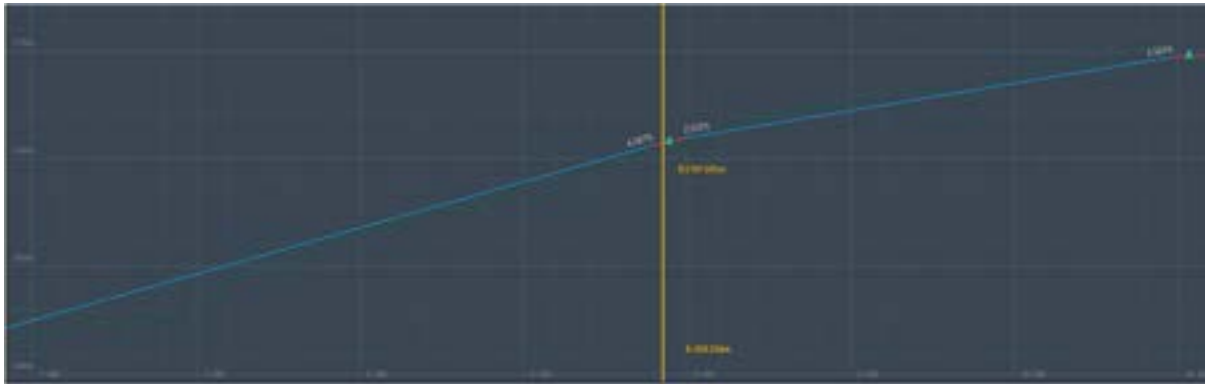


Figura en perfil del sector



Figura en sección del sector

Sector	Tramo 08
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Ondulado
Longitud del Tramo (Km)	3+525
Pendiente del tramo (%)	4.3%



Tabla 69 Datos geométricos tramo 08



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”

Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	3.4
Porcentaje de zona de no rebase (%)	56.59%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



Tabla 70 Datos geométricos tramo 09



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO -
AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023”



Figura en planta del sector



Figura en perfil del sector

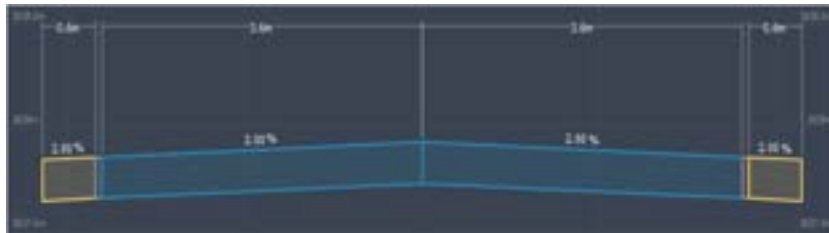


Figura en sección del sector

Sector	Tramo 09
Clasificación de carretera según el HCM 2010	Clase I
Tipo de Terreno	Plano
Longitud del Tramo (Km)	2+236.15
Pendiente del tramo (%)	2.6%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	5.37
Porcentaje de zona de no rebase (%)	10.56%
Ancho de carril (m)	3.6
Ancho de berma (m)	0.6

Fuente: Elaboración propia



3.5.2. Aforo vehicular

Tabla 71 Aforo vehicular estación A1 - lunes mañana - hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
 "ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA LUNES						Servicio SN				HACIA CHINCHERO ▲																				
	auto	wagon	pick up	pasaj	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	3E4 (T3E4)	3E5 (T3E5)	3E6 (T3E6)	3E7 (T3E7)	3E8 (T3E8)	3E9 (T3E9)	3E10 (T3E10)	3E11 (T3E11)	3E12 (T3E12)	3E13 (T3E13)	3E14 (T3E14)	3E15 (T3E15)	
06:00	16	13	13	0	3	3	0	1	1	1	0	2	2	1	2	2	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06:15	19	18	15	1	1	0	1	1	2	2	2	0	1	1	0	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	
06:30	17	17	11	0	1	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	1	0	2	1	0	2	1	1	1	1	
06:45	17	16	17	1	3	18	9	2	2	0	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2	1	2	1	2	2	2	2	
07:00	10	19	16	0	2	13	3	2	0	2	2	0	1	2	2	2	2	1	0	0	0	2	0	1	2	0	1	2	1	2	
07:15	22	23	20	2	4	17	4	1	1	2	1	0	0	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	
07:30	17	21	18	3	9	12	8	1	1	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	2	0	2	1	0	1	0	0	0	
07:45	23	18	20	0	7	14	3	3	1	2	1	2	2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2	
08:00	20	19	22	1	3	18	8	1	1	3	1	2	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	
08:15	24	21	18	1	10	10	8	2	2	1	1	1	2	2	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	
08:30	20	20	18	3	3	17	3	2	1	3	1	0	1	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	
08:45	17	13	20	2	6	18	4	2	1	1	2	2	1	0	1	1	1	1	0	1	2	1	2	1	2	2	0	0	0	0	
09:00	19	17	20	3	10	8	6	2	1	0	2	1	2	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
09:15	17	16	18	0	5	7	8	2	1	2	0	2	2	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
09:30	20	15	18	1	8	10	8	4	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	0	2	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
09:45	16	18	19	0	3	8	3	2	1	1	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
10:00	13	13	14	0	6	7	8	4	0	2	1	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
10:15	17	15	15	2	6	7	4	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	
10:30	12	20	13	1	10	8	7	1	1	1	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45	19	12	13	1	7	10	3	2	1	0	0	1	1	0	2	0	1	0	0	2	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	
11:00	16	13	15	1	3	10	7	1	0	3	2	0	2	2	1	2	2	0	2	1	0	2	1	0	1	1	1	1	1	1	
11:15	12	11	14	3	10	11	6	3	2	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	1	2	0	1	2	0	2	1	1	1	1	
11:30	10	17	16	0	9	9	6	2	2	1	0	0	1	0	2	0	2	1	1	2	1	1	2	1	0	2	2	2	2	2	
11:45	11	14	13	1	4	8	3	2	1	3	2	1	0	0	0	0	2	1	2	1	2	1	1	0	2	2	2	2	2	2	
12:00	13	19	11	2	4	14	7	3	1	2	0	2	2	0	1	0	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	
12:15	23	12	9	1	3	8	3	2	0	3	2	0	1	0	0	2	0	1	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	
12:30	19	18	14	2	6	14	4	3	0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	2	2	2	2	2	
12:45	29	29	18	3	6	10	6	3	2	2	0	0	2	0	0	0	1	0	2	2	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	



Tabla 72 Aforo vehicular estación A1 - lunes tarde - hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
 "ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA LUNES						Sección SN MACIA CHINCHERO ▲																	
	auto	wagon	pick up	pasaj	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
13:00	18	22	21	3	3	13	10	4	0	3	0	0	1	1	2	2	2	1	2	2	0	0	2	2
13:15	29	11	24	3	3	14	3	2	0	2	0	1	2	1	2	2	1	0	2	2	2	2	1	2
13:30	11	23	9	1	8	13	7	4	0	2	2	1	1	1	0	2	2	2	0	2	2	1	0	2
13:45	28	27	28	1	4	10	6	3	2	0	0	2	2	2	0	2	1	2	1	0	1	0	0	2
14:00	12	20	24	3	8	13	7	1	2	3	1	0	2	0	1	2	2	1	1	0	0	0	1	2
14:15	9	23	19	2	4	11	10	1	0	1	0	2	1	2	0	1	0	1	2	1	2	2	2	2
14:30	13	24	21	0	3	14	8	1	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	2	0
14:45	28	14	28	1	8	14	5	2	1	0	2	0	2	1	1	2	2	0	1	0	1	1	1	0
15:00	23	20	22	3	3	13	8	1	2	2	2	0	2	1	0	1	0	2	0	0	1	1	1	2
15:15	9	29	13	1	3	14	7	1	0	2	1	0	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1
15:30	21	21	30	0	8	11	8	1	0	3	2	0	0	2	1	2	2	0	2	0	2	2	1	1
15:45	10	23	33	1	4	11	8	1	1	1	0	2	1	2	2	2	1	2	0	1	2	0	2	1
16:00	18	31	30	0	7	13	8	4	2	0	1	1	0	2	2	1	0	0	2	1	2	2	2	0
16:15	21	38	37	2	18	10	3	4	1	2	0	2	1	1	0	0	2	1	0	0	1	0	1	1
16:30	26	13	24	3	14	10	6	4	1	2	1	1	0	0	2	1	1	2	1	0	2	2	1	0
16:45	24	12	11	1	20	13	7	2	2	0	2	1	2	1	2	0	0	2	0	2	0	0	1	1
17:00	38	33	30	2	23	13	4	1	0	0	2	1	1	2	2	1	2	2	2	0	0	1	0	0
17:15	33	31	40	4	24	12	10	2	0	2	1	1	0	1	2	0	2	0	2	1	0	1	0	0
17:30	36	43	42	3	18	13	8	1	2	1	0	0	2	1	1	0	2	1	0	1	0	2	1	2
17:45	37	32	40	4	13	15	10	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	2	0	2
18:00	40	43	43	2	20	13	4	2	2	2	2	0	2	1	0	0	0	2	0	1	1	1	1	1
18:15	35	30	43	2	14	12	6	2	2	2	0	2	0	1	2	2	2	0	0	1	2	0	1	2
18:30	33	32	43	3	20	13	10	3	1	1	1	1	2	1	1	0	2	2	0	1	0	2	2	2
18:45	32	30	40	4	22	12	9	1	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	2	1	1	1	1	1
19:00	33	34	32	4	12	13	3	3	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	1	2	1	2	1
19:15	43	32	41	0	14	12	7	3	0	0	2	1	2	0	1	0	0	2	1	0	2	1	1	2
19:30	39	38	38	1	8	13	3	3	0	2	2	1	0	1	0	1	0	1	0	2	2	2	1	0
19:45	20	23	26	1	8	11	5	4	0	0	1	2	0	0	2	2	2	2	1	0	2	2	2	0
20:00	29	28	21	2	8	8	8	2	0	1	2	1	0	1	2	2	2	1	0	1	0	0	1	0
20:15	26	21	28	1	3	11	4	3	0	2	0	0	1	0	1	2	0	1	1	2	1	0	0	0
20:30	29	30	20	0	6	7	7	3	2	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	2	1	1	0	2
20:45	23	27	21	0	6	11	7	3	0	0	1	0	2	0	1	2	2	1	1	2	2	2	0	0
21:00	23	30	24	2	2	10	6	2	1	2	0	1	2	2	2	0	2	0	0	0	0	1	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 73 Aforo vehicular estación A1 – martes mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA DE INGENIERIA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA						MARTES						HACIA CHINCHERO ▲													
	auto	wagon	pick up	panel	cedis	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)			
06:00	16	14	10	1	1	2	0	4	2	0	2	2	1	1	0	0	2	1	1	1	0	1	1			
06:15	14	17	17	2	0	4	3	4	2	0	0	2	1	0	1	0	1	0	2	2	2	0	0			
06:30	15	15	18	3	3	3	0	2	1	2	0	1	1	2	0	1	2	2	0	1	0	2	0			
06:45	17	10	19	0	4	13	4	4	1	1	2	1	1	1	2	0	2	1	0	1	1	2	0			
07:00	14	11	15	3	4	10	8	4	2	1	3	1	1	1	2	2	0	1	2	2	0	0	1			
07:15	17	24	20	3	4	16	8	1	0	5	3	1	1	1	0	2	2	0	2	2	2	1	1			
07:30	24	20	19	3	9	8	4	3	1	5	1	1	0	1	2	1	2	1	0	1	0	2	1			
07:45	29	21	24	1	9	8	6	1	0	3	1	1	0	2	2	2	0	3	1	2	3	2	0			
08:00	22	17	15	2	9	18	7	2	2	5	1	2	0	0	2	0	2	0	1	1	2	1	1			
08:15	20	21	20	1	1	12	7	3	2	4	3	2	2	2	1	2	0	1	2	1	1	3	2			
08:30	28	18	18	0	8	18	8	3	2	10	4	1	1	1	1	1	1	3	0	2	0	0	0			
08:45	27	19	16	3	5	9	4	3	0	6	2	0	1	1	0	2	0	3	2	1	0	2	2			
09:00	25	20	18	0	9	7	6	1	1	5	0	2	2	0	0	1	0	2	0	2	0	0	1			
09:15	17	15	17	0	6	5	5	2	0	1	0	0	2	1	2	2	2	1	0	0	1	2	2			
09:30	16	20	16	2	5	9	8	5	0	3	1	1	2	0	1	2	1	1	0	1	1	2	1			
09:45	16	16	20	2	9	6	7	2	2	0	1	1	3	2	2	1	0	2	2	1	0	0	2			
10:00	14	10	11	2	6	5	7	4	1	2	0	1	2	1	2	2	2	2	2	0	0	1	1			
10:15	17	13	13	0	8	6	6	3	1	0	0	1	1	0	2	2	0	2	2	1	2	1	0			
10:30	24	11	14	0	7	8	4	1	0	3	2	0	3	1	2	2	0	2	0	2	1	0	1			
10:45	13	14	16	0	7	10	3	2	0	1	0	2	3	0	2	3	2	2	1	3	1	1	1			
11:00	11	14	14	3	8	14	7	3	1	1	2	1	2	3	2	2	1	1	0	0	2	0	2			
11:15	20	12	12	2	9	15	4	2	2	2	0	2	1	1	0	2	1	0	0	2	1	1	1			
11:30	15	16	13	0	9	6	5	3	1	3	0	1	0	2	0	1	2	2	0	0	0	1	0			
11:45	19	9	17	3	6	14	7	2	0	0	1	0	2	1	1	0	2	2	0	3	2	0	2			
12:00	19	10	15	3	3	5	8	3	1	3	0	1	2	1	1	2	0	0	1	3	0	2	2			
12:15	10	11	23	3	7	14	6	3	2	3	2	0	2	0	1	0	1	2	0	2	2	0	1			
12:30	18	14	18	3	7	11	9	2	1	6	2	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	1	1			
12:45	30	28	26	2	7	14	9	2	0	0	1	2	1	0	0	2	0	2	2	1	2	3	1			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 74 Aforo vehicular estación A1 – martes tarde – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

DÍA: MARTES Sentido: **HN** HACIA CHINCHERO ▲

Hora	auto	wagon	pick-up	pasaj	coachi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
13:00	18	21	18	2	7	10	2	1	2	2	0	2	1	2	0	1	2	0	1	1	2	2	0	
13:15	18	21	28	3	7	6	6	2	1	7	0	1	0	2	2	2	2	0	2	2	1	2	2	0
13:30	23	9	30	1	4	10	4	2	1	8	2	1	2	0	2	1	2	1	2	0	0	1	0	1
13:45	10	11	23	3	5	15	6	3	1	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1	0	1	1	1	1
14:00	28	12	26	2	4	12	9	3	1	9	2	0	2	2	1	0	0	1	2	2	2	2	2	2
14:15	27	27	10	3	4	13	10	1	0	8	1	2	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
14:30	24	27	19	3	4	11	7	3	2	0	3	1	2	1	1	0	2	1	0	2	2	2	0	1
14:45	12	21	30	1	4	10	5	1	1	1	4	1	2	0	1	1	1	1	2	0	2	1	0	2
15:00	9	26	14	0	5	13	8	3	1	2	2	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
15:15	9	30	24	3	8	11	5	1	2	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	2	1	0	2	2
15:30	11	18	21	3	8	12	9	3	0	0	2	0	0	0	1	2	2	1	0	1	2	2	1	1
15:45	23	39	33	2	7	14	4	3	0	3	2	0	1	14	0	1	2	2	1	2	1	0	1	3
16:00	13	22	13	1	3	11	3	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	0	2	1	2	2
16:15	26	36	37	0	14	13	7	3	0	2	1	0	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	2
16:30	18	38	40	3	24	13	7	4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	0	2	0	1	1
16:45	17	26	12	3	22	13	4	1	2	0	0	2	2	1	1	1	2	2	1	1	0	1	0	0
17:00	32	30	41	2	14	12	8	1	0	8	2	0	2	1	3	1	2	2	3	2	1	0	2	3
17:15	36	44	32	3	23	10	3	3	2	10	2	0	2	1	3	1	1	0	1	0	1	2	2	1
17:30	34	37	39	4	25	15	3	2	2	0	5	2	0	0	1	2	1	1	0	0	1	2	1	1
17:45	38	37	43	4	18	13	9	1	1	0	1	0	0	2	1	2	0	1	0	0	2	0	1	0
18:00	37	36	44	3	12	13	3	2	2	0	1	2	1	0	2	1	0	1	1	2	2	0	0	0
18:15	43	34	37	4	17	13	8	1	0	10	2	2	0	2	2	2	1	2	0	1	0	2	0	1
18:30	43	43	30	4	13	13	4	3	0	1	2	2	0	2	2	2	1	2	0	1	1	2	1	1
18:45	44	38	39	4	13	11	8	3	0	1	3	1	0	1	2	0	0	0	0	0	2	1	2	2
19:00	38	30	32	3	3	12	4	1	0	1	3	1	2	2	4	2	0	2	1	2	2	1	2	0
19:15	37	43	45	3	3	12	3	2	1	4	0	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	0	0	2
19:30	34	37	42	0	13	14	7	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	1	0	2
19:45	29	23	27	2	11	9	7	3	1	0	2	2	1	1	2	2	0	1	2	0	1	0	1	0
20:00	20	23	21	1	3	10	3	2	2	0	0	1	0	1	0	1	2	2	0	1	0	2	0	1
20:15	28	29	20	0	0	9	3	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	2	1
20:30	27	30	25	2	2	11	4	3	0	2	0	1	1	2	0	2	0	1	0	2	0	0	0	1
20:45	24	21	30	1	4	7	6	2	1	0	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0
21:00	23	21	25	0	2	10	6	1	1	0	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	0	2	0	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 75 Aforo vehicular estación A1 – miércoles mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIELACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA MIERCOLES						Sentido SN HACIA CHINCHERO ▲																	
	auto	wagon	pick up	panel	combí	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	13	17	13	1	0	1	1	4	2	2	2	2	0	1	1	1	2	2	0	1	1	2	0	0
06:15	18	12	17	0	3	1	3	3	1	1	0	2	1	2	1	0	2	0	2	1	1	2	0	0
06:30	14	15	11	2	1	3	1	2	2	2	1	0	1	0	2	1	2	0	1	1	0	2	2	
06:45	13	13	12	3	3	13	9	4	2	0	0	2	1	0	2	2	0	0	1	2	0	0	1	
07:00	14	14	13	2	3	7	5	3	1	0	4	1	2	2	0	2	0	0	2	1	1	1	1	2
07:15	23	18	25	3	3	14	7	2	1	8	2	2	1	1	0	0	1	0	3	2	0	2	0	1
07:30	15	24	18	0	10	16	5	1	1	10	3	1	0	2	2	2	0	2	3	2	2	0	0	2
07:45	24	17	25	2	8	15	5	3	1	1	4	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2
08:00	17	23	17	2	7	14	6	2	0	10	5	2	1	0	2	2	2	1	2	2	0	1	0	2
08:15	20	20	19	2	7	10	4	2	1	0	5	1	1	2	2	1	1	2	2	0	2	1	2	0
08:30	30	20	15	0	10	9	6	2	2	1	3	1	1	2	0	1	2	3	1	1	1	2	1	1
08:45	18	18	16	1	10	8	8	3	0	10	1	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	2
09:00	25	15	17	2	7	5	8	1	0	10	0	0	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2	1	1
09:15	20	15	16	2	8	5	5	1	1	6	2	2	2	2	1	2	2	0	3	1	2	0	2	2
09:30	19	15	16	2	6	10	6	4	2	5	1	1	2	0	2	2	0	1	1	2	2	0	2	0
09:45	15	20	15	2	8	5	7	2	1	3	0	1	2	2	2	0	1	2	1	2	1	0	0	1
10:00	13	16	15	0	9	9	7	2	0	2	1	2	3	2	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0
10:15	17	11	14	3	10	8	6	4	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2	2	0	1	1
10:30	10	19	13	2	5	10	8	3	1	2	2	2	2	1	0	2	0	0	0	1	2	2	2	2
10:45	17	9	19	0	5	7	8	2	0	3	2	2	0	3	0	1	0	0	1	0	0	2	1	2
11:00	22	15	11	1	8	9	4	2	1	3	1	1	2	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0
11:15	22	13	18	3	9	6	5	3	1	2	2	0	2	2	2	2	0	1	2	1	1	1	1	1
11:30	20	18	19	1	7	6	6	2	1	3	1	0	0	3	1	3	0	2	2	2	1	1	0	0
11:45	18	20	15	2	7	6	4	1	2	3	2	0	2	1	0	0	2	0	1	3	0	2	2	2
12:00	17	11	19	3	8	9	6	3	2	0	0	0	2	1	0	3	1	0	2	1	0	0	1	0
12:15	19	21	14	1	3	7	7	2	0	2	1	2	1	1	1	3	2	0	0	3	0	2	3	0
12:30	18	19	12	1	6	5	10	2	1	4	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2
12:45	17	27	8	3	6	15	10	4	1	0	2	0	2	0	2	0	0	2	1	1	2	2	0	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 76 Aforo vehicular estación A1 – miércoles tarde – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA: MIÉRCOLES						Sentido: SN HACIA CHINCHERO ▲																	
	auto	wagon	pick up	panel	coche	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)
13:00	11	19	9	3	7	8	9	2	2	6	0	2	0	2	1	2	2	0	0	0	2	0	1	0
13:15	23	28	18	4	6	8	5	2	2	2	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
13:30	23	28	22	1	3	12	7	2	2	3	0	2	1	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1	0
13:45	30	12	22	2	6	14	4	2	1	8	1	2	1	0	0	1	0	1	1	2	0	2	1	1
14:00	11	23	23	0	7	14	9	1	2	7	0	1	1	1	2	0	0	2	0	1	2	0	0	2
14:15	12	13	10	1	3	12	9	3	0	9	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	1	2	0	1
14:30	23	24	13	0	8	10	4	3	1	1	0	0	2	2	1	0	1	1	1	2	0	0	2	2
14:45	15	10	19	3	6	15	7	1	0	2	1	2	0	0	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1
15:00	11	28	29	0	8	15	7	3	0	1	0	1	1	0	3	0	0	1	2	0	1	0	0	1
15:15	22	25	10	0	7	14	9	2	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	2	0	1	2	2	2
15:30	9	12	28	0	5	11	7	2	0	0	1	0	1	0	3	1	1	2	2	1	1	2	1	3
15:45	40	11	24	2	8	14	7	1	1	0	2	0	1	1	3	0	0	2	1	1	1	2	2	2
16:00	33	26	37	3	3	12	8	2	2	1	0	2	2	3	0	1	0	1	0	2	0	2	2	1
16:15	37	12	39	2	29	13	10	3	1	0	1	2	1	1	2	0	2	2	0	1	0	1	3	3
16:30	26	22	20	0	20	13	9	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	0	2	2	3
16:45	24	40	33	1	13	12	3	4	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	2	1	1	3	3
17:00	31	31	32	2	10	13	9	3	1	8	0	0	1	2	0	1	2	2	3	2	1	2	1	1
17:15	37	44	41	4	23	14	8	1	0	10	1	1	1	2	1	2	0	2	3	2	1	2	2	0
17:30	42	36	31	3	23	12	6	2	1	8	3	2	2	0	1	2	2	0	3	1	2	1	2	0
17:45	34	41	34	3	23	13	10	2	1	1	0	2	2	0	2	1	0	2	2	1	0	0	0	2
18:00	44	44	36	3	23	13	5	2	2	0	2	23	0	2	1	2	0	0	0	2	1	1	1	2
18:15	32	30	38	3	18	11	5	1	0	8	3	0	2	2	1	1	1	0	3	1	2	2	1	1
18:30	41	39	42	2	21	14	9	2	2	7	0	2	1	1	0	1	0	0	3	1	0	0	1	0
18:45	40	32	30	3	13	14	4	2	1	6	3	2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
19:00	30	42	31	3	3	10	8	2	0	1	4	0	2	1	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0
19:15	33	38	38	2	10	10	7	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	2	2	0	1	2	0
19:30	37	33	37	2	13	13	4	1	1	9	0	0	1	2	2	0	1	2	0	1	1	0	0	2
19:45	27	28	27	2	12	7	3	3	1	2	1	1	2	1	2	1	2	0	2	2	1	2	2	2
20:00	28	22	21	3	0	11	5	1	0	1	2	1	1	1	0	2	1	2	1	2	0	2	0	1
20:15	20	31	28	1	4	10	3	1	0	0	2	1	2	1	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0
20:30	27	30	22	3	4	8	3	3	2	0	0	1	0	0	1	1	2	1	2	1	1	2	0	0
20:45	29	28	28	0	6	11	3	3	1	2	2	2	0	1	1	0	1	2	2	2	2	1	1	1
21:00	24	30	24	2	4	8	6	1	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	2	0	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 77 Aforo vehicular estación A1 – jueves mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA						JUEVES				Sentido SN				HACIA CHINCHERO ▲									
	auto	wagon	pick up	panel	camión	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2T2)	2T3 (C2T3)	3T2 (C3T2)	3T3 (C3T3)	3T4 (C3T4)	
06:00	25	11	14	10	0	6	2	1	0	2	2	0	0	2	1	1	2	2	1	0	2	2	0	
06:15	18	19	19	7	3	3	3	4	0	2	0	2	2	2	0	1	2	0	2	2	0	2	0	
06:30	9	19	10	5	2	3	3	2	1	0	0	2	2	2	0	0	2	0	1	1	2	2	1	
06:45	16	14	19	11	4	19	4	1	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	1	2	2	0	2	
07:00	19	32	14	12	9	7	8	1	1	9	2	1	0	2	2	1	2	2	0	1	0	2	1	
07:15	27	22	33	6	3	8	7	3	2	5	2	1	1	0	2	2	2	1	3	0	2	1	0	
07:30	13	16	49	3	9	11	4	2	2	8	2	0	1	1	4	0	1	0	2	2	1	2	1	
07:45	45	36	24	12	6	8	8	3	2	9	1	2	2	0	0	1	3	1	2	0	1	1	2	
08:00	17	18	43	2	4	11	7	2	1	5	1	1	2	1	1	2	3	2	3	2	0	2	0	
08:15	27	18	25	5	8	10	7	2	0	6	1	0	2	2	1	2	2	2	1	2	3	0	1	
08:30	24	39	33	8	3	11	8	2	1	3	3	1	1	1	2	0	3	0	1	0	2	1	0	
08:45	39	20	41	0	3	9	8	2	1	8	4	2	2	1	2	2	0	1	3	0	1	2	0	
09:00	16	39	16	8	2	6	7	1	0	7	0	1	2	1	0	1	1	2	1	1	2	3	0	
09:15	47	57	34	0	8	6	6	4	0	4	1	2	0	0	1	2	2	1	0	0	1	0	1	
09:30	20	19	13	2	3	9	8	4	1	7	1	2	0	2	2	0	2	3	2	0	0	0	1	
09:45	20	20	18	1	10	10	4	4	2	3	0	2	3	1	1	0	1	2	2	1	2	0	0	
10:00	24	17	13	2	7	6	5	2	1	0	2	2	1	2	0	0	1	2	2	2	0	1	2	
10:15	19	12	11	3	7	8	4	3	1	2	0	0	2	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	
10:30	17	20	10	3	7	8	3	1	2	2	1	1	3	0	2	0	0	2	1	1	2	0	1	
10:45	23	13	16	0	6	6	3	3	0	3	1	2	1	1	2	1	1	0	0	2	2	0	1	
11:00	21	16	10	3	13	7	7	3	2	0	1	2	2	1	0	1	1	2	3	0	0	0	1	
11:15	24	13	20	2	11	9	8	2	2	3	2	1	1	2	1	0	1	0	1	2	2	0	2	
11:30	17	20	18	3	7	13	6	1	2	3	1	0	0	2	0	3	0	0	0	3	2	1	2	
11:45	14	9	14	0	11	11	4	2	2	3	0	2	0	2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
12:00	12	12	20	1	15	10	6	3	1	1	0	2	2	1	0	0	2	1	1	2	2	1	1	
12:15	23	29	23	1	14	10	8	2	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	0	1	
12:30	13	18	9	3	8	13	10	4	1	3	2	2	1	0	0	1	0	2	2	0	2	1	0	
12:45	16	26	19	0	7	14	9	4	2	3	2	0	0	2	2	1	0	2	1	0	2	1	1	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 78 Aforo vehicular estación A1 –jueves tarde – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
 "ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

DÍA: JUEVES Sentido: SN HACIA CHINCHERO ▲

Hora	auto	wagon	pick up	panel	coachi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	251 (T251)	252 (T252)	253 (T253)	351 (T351)	352 (T352)	353 (T353)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
13:00	24	21	20	3	3	6	7	3	0	8	1	2	2	2	0	0	2	0	0	1	2	2	0	1
13:15	25	19	16	3	3	5	4	4	2	8	1	2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
13:30	19	15	26	3	7	11	7	3	2	4	1	1	2	0	1	0	2	2	1	1	1	0	0	
13:45	25	20	13	3	7	13	10	2	1	10	3	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	2	
14:00	11	11	13	2	8	14	4	3	1	4	4	2	0	0	1	2	1	1	2	0	2	0	2	
14:15	30	12	16	3	7	13	7	2	1	4	0	0	2	2	0	1	1	2	0	0	1	0	1	0
14:30	29	11	20	2	8	12	8	2	1	2	3	1	1	2	2	1	0	0	0	2	2	2	2	1
14:45	11	13	23	3	7	11	6	3	0	3	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	2	0
15:00	22	12	30	2	3	11	3	3	1	2	3	0	1	1	3	0	0	2	0	1	2	0	1	2
15:15	13	17	14	2	8	13	7	1	0	3	1	2	2	1	2	0	0	1	1	1	2	1	2	2
15:30	26	37	29	2	8	11	7	2	0	1	1	0	2	0	3	2	1	2	0	1	0	2	1	1
15:45	52	46	41	0	3	11	9	4	2	0	2	2	2	2	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1
16:00	39	27	40	3	3	10	4	3	2	2	1	1	1	2	1	2	0	0	1	2	1	0	2	2
16:15	36	28	30	1	14	12	7	4	0	0	0	2	1	1	0	0	2	0	2	0	1	1	1	1
16:30	30	34	43	0	13	12	4	4	2	1	0	0	0	0	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1
16:45	37	48	34	3	20	13	8	2	0	2	1	1	0	1	2	0	2	2	1	1	0	2	0	3
17:00	35	52	44	3	11	14	9	2	2	3	0	0	1	2	1	1	0	2	3	2	0	1	1	0
17:15	40	37	32	2	10	13	6	3	2	8	0	1	1	2	1	0	0	2	2	1	2	0	1	0
17:30	30	37	34	3	15	12	4	2	2	9	4	1	2	2	0	0	0	1	0	0	2	2	2	3
17:45	41	32	30	2	12	11	8	1	2	6	2	2	0	1	1	1	0	1	1	0	1	2	2	2
18:00	37	28	39	3	23	14	8	2	0	10	3	0	1	1	0	1	0	2	2	1	2	1	2	1
18:15	40	30	38	2	22	11	8	1	2	3	2	2	1	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0	1
18:30	37	37	31	2	18	11	5	2	1	8	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	2	0	2	1
18:45	41	30	41	2	16	12	7	2	1	1	4	2	1	2	0	1	2	0	1	1	0	0	1	0
19:00	44	43	34	2	12	13	9	3	1	9	3	1	1	0	2	2	1	1	1	2	1	1	0	2
19:15	39	42	33	3	9	10	3	4	0	3	1	2	1	2	0	1	2	1	0	2	2	0	1	0
19:30	30	43	36	0	14	12	7	2	1	7	0	0	2	2	1	2	0	2	1	1	2	2	0	0
19:45	27	23	23	3	11	10	4	2	0	1	1	1	2	1	0	0	1	2	1	1	1	2	0	0
20:00	23	30	30	1	8	9	3	2	0	0	1	1	0	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2
20:15	23	27	24	2	7	7	6	2	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	2	2	2	1	0	2
20:30	26	21	30	3	6	8	8	3	0	1	1	2	2	0	2	1	0	1	2	1	0	0	2	2
20:45	20	26	24	2	3	11	8	3	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	2
21:00	29	27	27	1	1	7	3	3	2	0	1	2	2	1	1	0	2	1	1	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 79 Aforo vehicular estación A1 –viernes mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA							VIERNES			Sentido			HACIA CHINCHERO ▲											
	auto	wagon	pick up	pasaj	combi	microbus	DE (B1)	SE (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2E2)	2T3 (C2E3)	3T2 (C3E2)	3T3 (C3E3)	3T4 (C3E4)		
06:00	10	15	18	12	2	4	2	4	2	2	1	0	0	2	0	2	1	0	0	1	0	2	0	1	
06:15	10	16	17	5	0	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	2	2	1	2	2	1	0	0	2	
06:30	17	18	12	10	1	6	3	2	3	2	1	2	0	1	0	2	1	1	0	2	0	0	2	2	
06:45	10	13	12	11	4	7	10	2	3	2	1	1	1	0	1	2	1	0	2	0	0	1	0	1	
07:00	12	18	11	2	2	17	6	2	2	0	4	2	1	0	0	2	1	2	1	2	0	1	0	1	
07:15	10	25	17	4	7	12	8	3	1	9	3	2	0	2	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0	
07:30	24	14	20	7	7	18	6	3	3	2	0	0	2	1	1	2	1	2	0	2	1	3	1	1	
07:45	11	17	15	10	6	13	6	2	2	5	3	1	2	1	0	1	2	2	2	2	0	0	0	0	
08:00	15	18	22	7	3	14	6	4	1	6	1	1	0	0	2	1	1	1	1	2	0	3	2	0	
08:15	18	9	22	3	3	14	5	4	2	2	2	2	0	2	0	2	2	1	2	0	1	3	0	2	
08:30	9	27	16	4	10	13	8	3	2	0	1	0	2	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	
08:45	11	14	14	2	9	12	8	1	1	6	1	2	1	1	0	0	2	1	2	2	3	2	1	1	
09:00	15	11	17	2	3	10	4	2	2	6	2	0	1	2	2	2	2	0	2	1	2	2	2	1	
09:15	10	12	40	2	5	6	6	1	2	4	1	1	0	1	1	0	2	1	3	2	1	1	0	1	
09:30	17	17	19	2	5	8	6	4	2	4	0	0	3	1	2	1	2	0	0	1	2	0	0	2	
09:45	20	20	20	2	9	8	8	2	2	1	0	2	1	1	2	0	2	2	0	1	1	1	1	2	
10:00	11	12	16	2	6	8	5	1	0	2	2	1	3	3	0	0	2	1	2	1	0	1	2	2	
10:15	17	15	13	0	6	6	4	2	2	3	2	0	3	1	2	3	0	0	2	1	1	2	0	2	
10:30	9	17	18	0	11	10	8	3	1	3	2	2	2	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	
10:45	18	12	19	3	11	8	6	2	0	2	1	2	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	
11:00	11	15	18	0	12	13	5	3	0	0	2	0	1	1	2	2	2	0	2	3	2	2	2	1	
11:15	16	15	19	2	12	7	8	2	1	3	2	1	1	3	1	2	2	1	0	1	1	0	1	2	
11:30	11	13	10	0	9	14	8	3	1	3	2	0	0	3	1	0	1	2	2	1	1	0	0	2	
11:45	9	13	20	2	6	6	5	3	0	6	0	0	2	1	1	1	2	0	2	2	2	2	1	1	
12:00	16	20	17	0	5	11	7	1	0	2	2	1	2	2	0	1	1	2	2	3	2	2	0	1	
12:15	23	29	19	1	10	8	4	2	0	6	2	2	2	0	1	3	0	0	2	3	1	2	1	2	
12:30	10	10	15	1	11	8	6	4	0	2	0	0	0	0	2	1	2	0	2	0	0	2	0	2	
12:45	16	22	12	0	5	5	9	1	1	1	1	2	2	2	0	2	2	1	2	1	0	1	0	2	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 80 Aforo vehicular estación A1 –viernes tarde – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SACETA DISCIPLINARIA DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

DÍA: VIERNES Sección: SN HACIA CHINCHERO ▲

Hora	DÍA VIERNES						Sección SN																	
	auto	wagon	pick up	panel	coche	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
13:00	11	13	20	3	14	13	8	1	0	8	1	1	1	2	2	2	1	1	2	0	1	0	1	2
13:15	22	12	20	2	1	14	4	3	1	9	5	2	2	2	0	1	2	1	2	1	2	1	1	0
13:30	30	17	27	3	3	14	10	4	1	8	3	0	0	0	2	1	2	2	2	1	2	1	0	0
13:45	25	21	23	1	3	11	4	1	0	3	2	1	2	0	1	1	0	2	0	1	2	1	0	0
14:00	17	13	27	2	6	12	7	1	0	8	3	1	2	2	0	0	2	1	0	0	2	2	0	2
14:15	16	12	11	2	6	12	7	2	0	6	4	1	2	0	0	2	0	2	1	2	1	2	0	1
14:30	23	23	28	3	7	10	4	1	4	0	0	1	2	2	0	2	0	2	0	0	1	2	2	0
14:45	20	21	18	2	3	12	5	2	5	0	4	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
15:00	28	30	20	3	6	10	9	3	1	2	3	0	0	1	2	2	0	0	2	0	1	1	1	1
15:15	27	46	9	1	8	11	7	2	3	0	1	0	2	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1
15:30	20	48	16	0	7	10	6	3	2	0	1	2	1	2	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2
15:45	46	48	43	2	4	11	8	2	2	2	0	1	1	0	2	0	0	0	1	1	2	1	0	2
16:00	34	31	32	2	3	13	7	3	1	1	0	2	2	2	0	2	2	2	2	1	0	0	1	1
16:15	36	48	37	2	13	11	6	2	1	1	1	1	2	1	3	2	1	0	0	0	0	1	3	3
16:30	38	44	34	2	11	14	7	4	2	0	1	2	2	0	0	1	0	2	2	1	1	2	1	1
16:45	31	32	32	3	13	11	6	4	2	2	1	2	2	1	1	2	0	1	3	2	2	2	2	3
17:00	33	33	43	4	18	13	5	3	4	7	1	0	1	0	2	1	0	2	3	2	2	0	1	3
17:15	42	48	33	3	23	11	7	3	3	1	4	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	1
17:30	31	33	31	4	12	13	10	4	3	1	3	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	2
17:45	43	56	30	3	23	12	8	3	4	1	2	1	1	2	0	1	0	1	2	1	2	2	1	2
18:00	40	48	43	3	20	11	7	2	3	6	0	0	1	2	0	0	2	1	0	1	1	1	0	0
18:15	37	41	30	3	20	13	8	3	3	2	0	2	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0
18:30	33	33	44	2	18	14	4	4	2	1	0	0	2	1	1	1	1	0	3	1	0	1	0	1
18:45	44	34	42	3	19	15	7	3	6	8	2	0	1	2	2	4	2	2	2	2	1	0	2	2
19:00	43	41	44	3	14	13	6	2	1	3	1	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	2
19:15	35	34	39	2	17	14	7	1	0	6	0	1	1	2	2	1	0	2	2	1	2	1	0	0
19:30	43	39	41	3	12	10	6	1	1	7	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
19:45	24	23	21	2	13	11	6	3	2	1	1	1	1	2	0	2	1	0	2	2	0	1	2	2
20:00	22	20	22	0	2	10	5	3	1	1	2	1	2	1	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1
20:15	34	28	29	2	6	9	7	1	2	1	0	1	1	1	0	1	2	2	0	2	1	1	2	0
20:30	21	23	23	3	2	8	6	3	0	2	1	1	2	2	2	2	1	0	2	0	0	1	1	1
20:45	26	28	25	2	7	11	3	3	2	1	2	2	2	2	1	1	0	2	0	2	1	2	0	1
21:00	25	23	30	0	3	10	7	3	2	2	0	2	0	0	2	0	1	1	2	0	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia



Tabla 81 Aforo vehicular estación A1 – sábado mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
FACULTA INGENIERÍA DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA SÁBADO						Sentido EN HACIA CHINCHERO ▲																	
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	13	12	14	12	2	4	3	2	2	0	0	1	3	1	1	1	1	0	2	2	2	1	2	0
06:15	11	19	16	7	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	0
06:30	22	12	18	3	0	6	1	3	3	0	2	1	1	0	2	0	2	2	1	0	1	0	1	
06:45	14	17	13	12	2	10	4	1	2	2	0	0	2	0	2	0	0	1	0	0	2	0	1	
07:00	15	18	48	9	9	13	3	2	4	1	2	1	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	2
07:15	56	20	9	3	9	10	7	3	4	0	4	0	1	2	1	2	0	0	2	1	0	2	0	1
07:30	56	25	22	2	2	11	8	3	5	10	1	2	1	0	2	1	1	1	2	1	2	0	2	1
07:45	39	23	42	4	7	11	8	1	2	9	3	0	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	0	
08:00	46	30	41	9	3	12	6	1	3	9	1	0	2	1	0	2	1	3	0	1	3	1	2	
08:15	31	42	13	2	10	13	4	2	2	10	4	2	0	0	2	1	1	0	2	2	0	1	2	2
08:30	45	13	21	4	3	17	6	3	3	2	3	2	0	2	2	1	3	1	0	2	1	0	2	1
08:45	60	21	17	9	9	7	8	4	2	1	0	2	1	0	2	0	2	0	2	1	0	3	0	1
09:00	12	24	18	6	9	8	6	2	0	7	1	2	3	0	2	0	2	2	0	2	1	2	2	2
09:15	48	24	42	0	3	7	8	4	1	7	1	0	0	1	1	2	1	0	1	0	1	3	2	2
09:30	20	15	15	3	3	7	6	3	0	8	0	2	0	2	0	1	0	0	2	0	1	2	0	0
09:45	15	16	15	3	3	6	7	1	1	0	2	1	3	0	0	2	0	2	0	2	2	1	0	0
10:00	11	19	13	0	10	7	4	3	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1	0	1	0	2	2	0
10:15	17	19	16	0	13	9	7	2	1	3	0	0	1	3	1	1	0	1	0	2	1	0	0	2
10:30	23	14	20	1	3	7	7	3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2
10:45	21	12	9	0	12	8	6	1	2	2	2	2	0	3	2	0	0	1	2	3	0	0	1	1
11:00	15	19	19	1	6	12	4	2	2	0	2	2	2	0	0	3	0	1	2	1	2	2	1	0
11:15	14	16	10	1	6	15	3	2	0	2	0	1	1	0	2	1	1	1	0	3	0	0	2	2
11:30	24	14	19	2	8	14	3	3	0	0	1	0	1	1	2	1	0	2	0	0	2	0	0	2
11:45	11	19	20	1	13	10	4	2	2	3	2	1	0	2	1	2	0	2	0	1	1	1	2	
12:00	17	20	15	0	8	13	6	3	2	2	0	1	1	1	1	1	1	2	0	0	2	1	2	
12:15	9	16	20	1	11	12	3	3	2	6	1	0	0	0	2	1	2	1	1	2	1	0	0	1
12:30	14	19	24	1	3	12	6	2	0	0	2	0	0	1	0	3	2	0	0	1	1	0	0	1
12:45	30	24	15	2	13	3	10	4	2	4	1	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	1

Fuente: Elaboración propia



Tabla 82 Aforo vehicular estación A1 – sábado tarde – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CÁTEDRA DE INFORMÁTICA DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA SÁBADO						Servicio EN HACIA CHINCHERO ▲																		
	auto	taxi	pick up	pasaj	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)		
13:00	28	20	28	1	11	11	8	1	0	8	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	
13:15	20	23	28	1	3	13	6	4	2	9	0	0	1	0	2	2	1	0	0	1	2	1	2	1	
13:30	20	29	25	3	8	11	8	4	1	4	0	0	8	11	0	0	1	4	1	0	1	1	2	1	
13:45	24	27	25	2	3	13	9	1	1	0	3	0	2	2	2	0	1	2	2	1	0	0	1	2	
14:00	9	22	17	1	6	15	6	2	0	8	3	0	2	0	1	1	1	1	0	2	0	2	0	0	
14:15	28	15	22	2	8	11	8	2	0	10	4	1	2	2	0	0	0	1	0	2	1	0	2	2	
14:30	10	22	14	2	3	15	6	3	1	1	2	2	2	0	0	2	1	2	1	0	0	0	1	0	
14:45	30	9	13	2	3	15	9	3	2	2	4	1	0	2	1	2	2	2	1	0	2	0	2	1	
15:00	22	22	14	0	6	13	4	2	4	2	3	1	2	0	1	1	2	1	2	2	1	0	1	2	
15:15	12	31	11	0	4	15	10	2	2	1	1	2	1	0	3	2	2	1	2	0	2	0	0	3	
15:30	18	35	23	3	6	12	8	2	2	0	0	0	2	0	3	2	0	0	1	1	1	1	1	2	
15:45	33	47	38	3	4	12	4	2	4	0	0	2	1	2	3	2	2	0	2	2	0	1	3	3	
16:00	30	41	34	1	8	10	10	4	4	0	1	2	2	0	2	1	1	2	0	1	2	2	2	2	
16:15	30	29	35	1	11	10	7	2	3	1	2	1	2	0	2	1	0	1	1	1	0	2	2	0	
16:30	43	48	45	1	23	10	10	2	3	0	2	2	1	0	1	2	0	0	2	1	0	1	0	2	
16:45	44	48	45	0	12	13	7	2	3	2	2	2	0	13	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	
17:00	45	27	36	4	24	13	8	2	2	0	1	0	2	2	2	0	2	0	0	1	0	0	0	3	
17:15	34	48	50	4	21	12	9	4	2	7	3	1	0	2	3	1	0	1	2	1	1	1	1	3	
17:30	33	33	41	3	12	11	7	3	4	8	4	0	1	0	2	1	0	0	2	0	1	1	1	1	
17:45	48	47	49	2	11	11	10	3	6	1	1	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	2	
18:00	38	36	40	2	13	13	7	2	3	9	3	0	2	1	2	2	0	2	0	0	0	1	0	0	
18:15	50	42	50	2	22	12	4	4	3	2	3	1	2	2	2	0	1	0	1	0	2	2	0	1	
18:30	37	39	33	2	13	14	4	2	3	3	2	2	0	1	0	2	1	1	3	0	2	0	0	0	
18:45	34	33	40	2	22	12	9	4	2	10	0	2	1	1	1	2	2	2	1	1	0	1	1	1	
19:00	34	42	41	2	7	13	7	2	0	3	4	0	2	2	2	2	0	0	2	2	0	1	1	2	
19:15	41	42	38	2	13	12	3	1	2	8	1	1	0	1	1	1	2	0	2	0	1	2	0	0	
19:30	43	37	44	0	13	13	3	2	2	9	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	2	0	1	2	
19:45	28	23	20	3	7	11	3	1	1	1	2	1	0	1	2	2	0	1	2	2	0	0	1	1	
20:00	30	22	22	2	7	11	3	4	0	2	0	2	0	1	2	1	1	2	2	2	0	0	0	2	
20:15	22	22	24	0	0	8	4	1	0	0	1	1	1	2	0	1	2	0	1	1	0	1	1	1	
20:30	21	29	25	0	7	8	4	1	2	1	1	0	2	2	0	1	2	2	2	1	2	1	1	2	
20:45	23	29	26	1	0	9	6	3	1	2	0	2	0	0	2	1	2	0	1	1	1	2	0	2	
21:00	27	27	23	1	4	10	3	1	1	2	1	2	1	2	0	1	1	0	0	1	1	2	1	2	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 83 Aforo vehicular estación A1 – domingo mañana – hacia Chinchero

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA DOMINGO						Sentido EN			HACIA CHINCHERO ▲														
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	2E (B1)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C1)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)
06:00	16	14	19	9	3	3	2	4	2	0	1	2	0	0	2	2	0	1	0	1	1	1	2	1
06:15	24	17	15	7	2	5	1	3	1	1	1	1	1	0	2	0	1	2	1	0	2	1	0	2
06:30	17	13	10	8	2	6	1	4	2	2	2	0	1	2	2	2	2	0	1	2	1	2	1	1
06:45	25	10	18	3	3	16	9	4	5	0	0	2	2	1	0	2	1	2	0	0	1	0	0	0
07:00	45	40	38	4	5	17	8	3	1	1	5	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	2	2
07:15	48	41	24	12	5	14	8	2	2	0	3	1	2	2	0	1	0	2	3	2	2	2	0	0
07:30	28	32	29	6	9	14	7	2	4	7	1	1	2	1	1	2	0	0	2	0	1	2	2	2
07:45	32	39	34	1	2	15	8	4	2	2	0	0	2	2	0	2	0	0	0	1	2	3	1	1
08:00	31	43	17	1	2	18	4	1	3	1	3	2	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
08:15	40	31	11	0	9	12	4	2	3	7	3	2	2	2	0	0	0	2	0	1	1	3	1	1
08:30	9	18	27	3	9	10	7	1	3	7	2	0	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1
08:45	15	35	29	2	8	17	8	4	1	5	3	2	1	2	1	0	0	2	0	0	1	2	2	1
09:00	48	19	20	11	8	7	8	2	1	5	1	2	3	2	0	2	3	0	1	0	1	2	2	2
09:15	18	16	11	2	2	5	4	2	0	8	2	1	2	2	2	1	2	0	0	2	0	0	2	2
09:30	16	20	16	0	3	8	7	2	0	7	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2
09:45	20	20	15	2	8	6	8	1	2	0	0	2	2	2	0	2	2	0	2	0	2	1	2	1
10:00	10	20	19	0	7	7	8	4	2	1	2	0	3	2	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1
10:15	24	13	17	2	8	8	6	4	2	2	2	2	2	1	0	3	2	2	0	0	1	1	2	0
10:30	14	13	18	1	8	10	8	3	2	3	0	2	2	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0
10:45	21	18	19	2	10	5	6	2	1	3	2	0	0	3	1	2	2	0	1	1	1	2	1	0
11:00	19	17	11	0	4	12	4	1	1	2	1	3	2	3	2	0	2	2	2	2	2	3	0	2
11:15	22	12	14	0	7	11	4	1	1	3	2	1	1	0	2	2	0	2	1	2	1	0	2	0
11:30	12	14	11	3	11	14	8	3	1	1	1	0	0	0	1	0	2	0	2	0	2	0	2	2
11:45	15	18	9	3	12	12	5	1	2	3	1	0	0	1	0	3	0	2	1	1	2	2	2	2
12:00	18	13	9	0	14	12	6	3	2	5	1	2	1	2	0	0	2	0	1	0	2	1	3	0
12:15	9	15	29	2	11	7	4	3	2	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	2
12:30	16	17	29	2	14	8	6	3	1	6	2	2	2	2	1	1	1	0	0	1	2	1	2	0
12:45	10	11	21	2	9	15	4	2	2	5	1	2	2	1	0	1	2	2	0	2	0	1	1	1

Fuente: Elaboración propia



Tabla 85 Aforo vehicular estación A1 – lunes mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y AGRICULTURA
SACESA DOCTORADO DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA LUNES						Sentido NS HACIA CUSCO																	
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	3E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	14	17	18	0	2	7	2	4	1	2	0	1	0	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0
06:15	12	16	14	0	0	4	3	3	1	2	1	2	0	2	0	1	1	2	2	1	0	1	2	0
06:30	18	16	11	0	1	2	0	2	1	2	0	1	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0	0
06:45	12	19	18	3	3	16	7	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2	2
07:00	15	13	19	1	2	15	8	4	0	0	1	0	2	0	1	0	1	2	2	0	0	0	2	1
07:15	25	20	15	0	2	15	5	2	0	1	1	2	1	2	2	0	1	2	0	1	2	0	0	0
07:30	23	18	23	2	7	15	8	3	1	2	2	0	2	0	2	1	0	0	2	2	2	2	2	0
07:45	17	23	22	4	7	10	4	1	2	2	2	0	2	1	2	0	0	2	0	0	1	1	2	2
08:00	17	16	24	4	6	18	4	2	2	1	1	1	0	2	0	2	2	2	0	1	2	2	2	2
08:15	24	23	18	4	7	8	8	3	2	2	1	0	1	0	0	1	0	2	0	2	1	1	0	1
08:30	20	19	15	1	9	10	5	2	0	1	1	0	0	0	2	0	1	1	0	1	0	2	1	1
08:45	15	15	17	3	8	12	8	2	2	3	0	1	1	1	1	2	1	1	0	2	2	0	1	1
09:00	19	19	17	3	3	6	4	2	1	1	0	2	2	1	2	0	1	0	0	2	1	1	2	0
09:15	19	15	20	3	10	7	7	3	2	1	2	2	0	1	1	0	2	0	2	1	0	0	1	2
09:30	15	19	17	1	6	6	4	1	1	2	0	0	1	0	1	1	1	0	2	1	2	2	1	1
09:45	16	17	16	0	8	8	7	4	1	2	0	0	2	0	1	1	1	0	2	2	2	2	0	0
10:00	20	17	15	2	7	10	7	4	0	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	2
10:15	20	20	14	0	3	6	5	3	0	2	1	0	0	2	0	0	1	2	1	0	2	2	0	0
10:30	16	12	12	0	10	7	7	3	1	2	1	0	0	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	0
10:45	12	16	12	2	7	5	4	2	2	0	2	1	1	0	1	0	1	2	1	0	2	0	0	0
11:00	11	12	12	1	8	5	6	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	0	2	2	1	1
11:15	11	17	11	2	8	8	4	3	0	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0
11:30	13	11	15	3	9	14	5	1	1	1	0	1	1	2	0	2	1	1	2	0	1	1	2	2
11:45	17	13	12	3	8	12	7	2	0	2	0	0	0	0	1	2	0	2	0	2	1	2	0	0
12:00	12	16	16	3	7	9	6	2	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	2
12:15	30	14	30	1	3	10	5	1	0	1	2	2	1	1	0	1	2	1	0	0	2	0	1	0
12:30	21	14	15	0	4	5	4	2	0	3	2	1	0	1	1	1	0	2	2	2	2	1	1	0
12:45	24	23	26	3	6	12	8	4	2	2	2	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	2	1	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 86 Aforo vehicular estación A1 – lunes tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

DÍA LUNES Sentido NS HACIA CUSCO

Hora	DÍA LUNES						Sentido NS HACIA CUSCO																		
	auto	wagon	pick up	pasajero	coche	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	3E4 (C3E4)	3E5 (C3E5)	3E6 (C3E6)	3E7 (C3E7)	3E8 (C3E8)		
13:15	28	23	13	3	8	10	3	3	2	1	2	0	2	1	1	1	2	0	0	1	1	2	2	0	
13:30	27	27	22	5	6	10	7	4	1	1	0	2	1	0	1	1	0	0	2	2	2	2	0	1	
13:45	9	15	30	5	6	15	5	3	2	3	0	2	2	2	1	0	2	0	1	0	2	1	2	2	
14:00	30	20	21	3	3	11	4	2	1	0	0	2	2	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	1	
14:15	9	16	25	0	7	10	5	2	0	0	1	0	2	0	2	1	0	0	2	2	2	0	0	2	
14:30	10	24	10	0	5	10	10	1	1	1	0	1	1	1	2	2	0	2	1	1	1	1	2	0	
14:45	26	10	19	3	6	13	10	2	2	2	2	0	0	0	2	0	0	2	2	1	2	2	1	1	
15:00	13	25	25	1	6	14	5	3	2	3	1	2	2	2	0	1	2	1	0	2	2	2	2	1	
15:15	18	12	17	0	8	15	4	2	0	2	1	1	0	2	0	0	2	1	1	1	1	2	2	2	
15:30	16	19	9	2	3	13	9	2	0	2	2	0	1	2	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	
15:45	16	18	18	2	6	11	10	2	0	1	2	1	0	1	2	0	0	0	0	2	2	1	1	2	
16:00	21	10	36	3	8	14	9	3	1	0	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	0	2	0	1	
16:15	37	33	38	1	18	13	10	4	2	2	1	0	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0	0	
16:30	23	22	12	1	11	13	10	4	2	1	0	1	0	1	2	2	0	0	1	2	0	2	2	2	
16:45	34	17	27	0	25	11	7	3	0	0	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	0	2	0	2	
17:00	33	35	33	4	24	10	7	1	2	0	2	2	1	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	1	
17:15	32	41	39	2	23	15	8	1	1	2	2	2	0	1	1	0	2	2	2	1	1	2	0	1	
17:30	35	38	34	3	24	13	8	3	1	0	1	2	1	1	0	1	2	2	0	1	2	0	2	2	
17:45	34	36	43	4	25	14	5	2	2	1	2	2	1	2	0	1	1	2	2	0	1	1	0	0	
18:00	32	38	40	2	10	14	5	1	2	2	1	1	2	2	1	0	0	1	0	1	2	2	2	2	
18:15	33	42	38	2	22	11	4	3	0	2	2	1	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	
18:30	39	39	30	3	19	11	4	1	1	2	2	0	1	1	1	0	1	2	2	1	0	0	0	1	
18:45	44	40	31	2	15	10	8	2	1	2	1	0	2	0	2	0	2	1	0	0	2	0	0	0	
19:00	33	37	44	3	13	14	9	4	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	0	0	2	2	1	2	
19:15	38	44	31	2	8	12	4	3	2	0	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	0	1	2	2	
19:30	37	33	39	3	5	12	6	1	1	2	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	1	2	0	2	
19:45	26	25	20	2	11	9	3	1	0	1	0	0	0	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	
20:00	27	22	29	0	2	9	6	2	1	1	0	2	2	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	
20:15	21	26	26	3	2	9	4	2	1	0	1	1	2	2	1	1	0	0	1	1	0	2	0	1	
20:30	28	25	24	0	6	7	3	3	1	1	2	1	0	2	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	
20:45	26	28	29	0	2	8	3	2	1	1	2	1	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	1	
21:00	23	27	26	3	5	9	3	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 87 Aforo vehicular estación A1 – martes mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA						MARTES																
	auto	wagen	pick up	panel	coachi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2E2)	2T3 (C2E3)	3T2 (C3E2)	3T3 (C3E3)	3T4 (C3E4)
06:00	23	10	14	3	2	3	2	2	1	2	1	2	2	1	0	0	0	0	1	2	2	0	0
06:15	18	19	11	2	2	7	2	2	0	0	1	1	2	2	0	0	1	0	0	1	0	1	1
06:30	9	16	10	2	0	5	1	4	2	2	1	1	1	0	2	1	2	1	2	1	0	2	1
06:45	22	14	11	1	3	14	10	4	2	0	2	2	0	0	2	0	1	0	0	2	2	1	0
07:00	11	11	17	0	3	10	7	2	0	9	1	2	1	1	0	2	0	2	0	1	0	1	2
07:15	24	22	18	1	4	10	6	2	2	6	3	2	0	1	1	2	0	2	2	2	0	2	1
07:30	29	17	21	0	6	8	8	3	1	3	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	2	1	2
07:45	29	16	15	0	9	8	7	1	0	8	3	1	2	0	2	0	3	1	3	0	3	1	2
08:00	26	17	15	2	7	10	6	2	1	10	2	0	2	1	2	1	0	2	0	0	2	0	1
08:15	29	23	23	0	7	7	8	1	2	7	4	2	0	2	0	2	0	2	1	1	3	0	2
08:30	30	18	17	3	8	18	7	1	2	4	1	0	2	2	2	0	1	0	1	0	1	1	0
08:45	19	20	18	1	10	9	8	2	1	5	4	2	2	1	0	2	0	3	2	0	0	0	2
09:00	26	19	20	0	3	8	5	1	2	10	2	0	2	0	1	2	2	1	0	1	1	0	0
09:15	20	18	18	2	3	10	4	2	1	2	2	0	1	0	2	2	1	2	2	2	3	1	2
09:30	20	20	19	3	7	9	6	2	1	9	0	2	0	2	1	2	1	0	2	0	0	1	2
09:45	16	17	15	3	9	9	5	4	1	0	2	2	2	1	0	0	2	2	0	1	0	1	0
10:00	15	9	18	1	6	8	6	2	1	2	1	1	1	0	2	0	0	1	1	0	2	0	1
10:15	23	20	17	0	7	3	8	1	2	2	1	2	0	0	1	0	1	2	2	1	0	0	1
10:30	23	19	12	2	3	3	6	1	2	3	0	2	0	0	1	2	0	2	1	1	2	0	2
10:45	14	17	15	1	7	8	4	1	0	2	1	2	3	2	1	3	2	1	1	3	1	1	2
11:00	17	19	18	1	10	11	6	1	1	0	0	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	0	2
11:15	13	18	17	2	9	6	7	2	0	2	2	1	0	3	1	1	2	2	1	2	1	1	2
11:30	22	14	19	0	8	10	6	3	0	2	1	2	2	3	0	3	0	1	0	1	0	1	0
11:45	11	12	18	1	3	11	4	1	0	3	2	0	0	2	1	3	1	2	0	1	1	1	1
12:00	17	17	17	0	3	8	4	1	1	0	0	1	0	2	1	3	0	0	2	1	1	2	2
12:15	25	24	27	0	4	11	8	2	2	1	1	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	3	1
12:30	9	12	16	1	6	9	4	1	1	0	1	0	0	2	2	0	1	2	0	2	0	3	1
12:45	12	20	25	0	8	15	4	1	1	3	0	2	2	1	0	0	0	2	1	1	2	1	2
13:00	9	18	26	3	6	11	4	4	0	9	2	0	0	1	0	2	1	0	2	0	0	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 88 Aforo vehicular estación A1 – martes tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

DÍA: MARTES

Hora	Sentido NS						HACIA CHINCHERO ▲																	
	auto	wagen	pick up	panel	combí	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	251 (T251)	252 (T252)	253 (T253)	351 (T351)	352 (T352)	353 (T353)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
13:15	12	28	23	1	3	9	8	1	2	9	3	0	0	1	0	0	2	1	2	1	0	0	2	0
13:30	12	20	21	3	4	15	4	4	1	6	3	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1
13:45	12	18	13	1	6	12	10	3	0	3	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	0
14:00	29	12	16	2	3	11	4	2	1	1	1	1	1	2	0	0	2	2	0	2	2	2	2	2
14:15	29	9	23	2	7	12	5	1	2	2	3	2	0	2	1	2	1	2	2	0	1	1	2	0
14:30	20	22	17	3	4	15	10	2	2	1	2	2	2	2	2	1	0	0	1	0	2	1	2	2
14:45	29	11	18	2	8	13	8	3	1	0	3	2	0	2	0	2	1	1	1	0	0	0	0	1
15:00	9	18	22	2	4	10	4	2	0	3	3	2	0	0	3	0	1	1	0	1	2	2	1	0
15:15	17	21	10	0	4	12	10	2	1	0	0	2	2	1	0	1	2	1	2	1	1	0	1	1
15:30	29	19	14	0	3	14	10	3	0	1	1	2	0	1	3	1	0	1	2	1	2	1	1	0
15:45	19	28	36	0	8	14	10	4	2	0	2	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	0	0	3
16:00	11	37	9	1	7	14	8	1	1	2	1	2	1	2	0	2	2	2	1	0	0	1	1	0
16:15	17	30	24	2	10	14	8	1	2	2	1	2	0	0	1	2	2	1	2	2	2	0	2	2
16:30	21	18	33	3	22	14	6	1	0	1	1	2	8	1	3	0	1	1	2	2	2	1	0	3
16:45	12	14	29	0	20	13	8	4	0	0	2	0	2	2	1	0	0	0	2	0	0	2	3	3
17:00	43	32	33	4	13	11	3	3	0	1	2	0	1	0	1	2	2	3	1	2	0	2	3	3
17:15	37	31	39	3	11	13	4	3	2	3	3	0	1	2	1	2	2	0	1	1	0	0	2	2
17:30	37	45	40	2	20	11	6	2	0	3	3	2	1	0	2	1	0	1	2	2	1	0	2	2
17:45	43	33	41	3	18	11	3	2	2	6	4	2	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	2
18:00	36	45	43	2	20	13	7	1	2	3	2	1	1	2	1	1	0	2	3	0	2	1	2	1
18:15	39	40	37	2	10	12	9	2	1	4	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
18:30	44	39	42	2	10	10	4	2	2	4	0	1	2	2	1	2	0	2	1	0	0	2	1	1
18:45	36	39	42	3	14	14	8	1	2	5	4	2	0	0	2	2	0	1	2	0	0	2	1	0
19:00	41	43	37	2	10	12	8	3	1	6	3	0	1	1	1	0	1	0	1	2	1	0	2	2
19:15	35	34	30	2	8	13	3	2	1	0	1	2	0	2	1	0	2	0	2	1	2	1	1	1
19:30	35	43	38	0	10	14	6	3	1	4	1	1	0	0	1	2	1	2	1	1	2	2	0	0
19:45	23	24	21	2	13	8	5	4	0	1	2	0	1	0	2	1	0	1	0	2	2	0	1	1
20:00	23	21	21	1	1	7	6	3	2	2	0	1	2	0	0	2	0	2	1	1	1	1	1	2
20:15	29	28	27	2	2	7	7	1	1	2	2	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	1	1	2
20:30	20	21	30	0	0	7	6	3	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	1	1	2	1	2	2
20:45	20	26	28	0	2	7	7	1	0	2	1	1	2	0	1	1	2	0	2	0	0	1	1	2
21:00	24	24	24	1	3	10	7	2	0	1	0	2	1	0	0	0	2	2	2	2	1	2	0	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 89 Aforo vehicular estación A1 – miércoles mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA MARTES						Semana NS						HACIA CHINCHERO ▲											
	auto	wagon	pick up	panel	coche	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	22	12	16	0	3	3	1	3	1	2	2	0	1	1	0	2	2	0	2	1	1	1	1	0
06:15	9	10	13	0	0	7	2	1	2	1	2	2	2	1	1	0	2	0	2	1	0	0	0	1
06:30	21	12	16	3	3	2	3	2	1	0	1	1	2	0	2	1	2	1	0	1	0	0	2	2
06:45	15	12	14	1	3	8	7	1	0	1	2	1	0	2	1	2	1	0	1	2	0	2	1	2
07:00	10	15	13	2	4	17	4	3	0	3	2	0	1	1	1	0	1	0	2	2	0	1	1	2
07:15	16	18	21	2	4	9	5	2	0	8	0	2	0	1	1	0	3	2	3	0	1	2	1	1
07:30	29	24	22	1	10	13	7	1	1	8	3	0	1	2	1	1	3	1	2	0	2	3	0	0
07:45	21	25	22	2	7	10	4	2	1	6	3	0	2	1	2	2	1	2	0	1	0	0	0	0
08:00	29	20	19	1	8	8	8	2	1	5	1	2	2	2	1	2	1	2	2	0	1	0	2	2
08:15	22	17	15	1	6	18	4	1	1	0	4	1	1	1	1	2	3	2	3	1	1	0	2	1
08:30	18	19	15	3	9	12	5	1	2	3	4	1	2	2	2	3	1	0	1	1	1	2	1	1
08:45	22	18	20	2	6	11	8	1	0	3	2	0	2	2	1	2	1	1	2	2	3	1	0	0
09:00	19	17	18	2	10	10	5	2	0	6	2	0	0	1	1	2	2	3	0	0	0	1	0	0
09:15	18	18	16	1	5	6	7	4	2	10	0	1	1	1	0	2	1	0	0	1	0	2	1	1
09:30	15	15	19	1	5	9	4	1	1	2	1	2	0	0	0	0	1	2	1	1	0	2	1	1
09:45	15	18	16	1	8	10	4	2	0	0	2	0	2	3	1	1	2	1	1	1	1	0	2	2
10:00	21	13	11	0	10	5	4	1	1	3	2	0	0	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0
10:15	10	17	20	0	8	10	5	4	2	3	2	2	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0
10:30	15	18	10	1	10	7	4	1	0	3	0	1	0	3	1	2	2	2	0	0	1	2	2	2
10:45	9	10	20	0	8	8	7	2	0	0	2	2	2	3	2	1	1	0	1	1	2	0	1	1
11:00	18	15	20	0	6	14	6	2	2	1	0	1	0	0	0	3	2	2	1	1	2	0	1	2
11:15	23	11	19	3	5	5	8	1	2	3	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1
11:30	24	17	16	1	5	14	4	3	2	3	2	0	1	2	0	1	1	0	0	0	2	3	1	1
11:45	19	14	14	0	4	12	8	1	1	4	0	2	1	1	3	0	2	1	1	0	1	1	2	2
12:00	11	11	11	2	7	10	8	3	0	5	1	0	0	0	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2
12:15	26	18	16	3	3	5	8	2	2	3	1	2	0	1	1	2	2	1	2	2	1	0	0	0
12:30	14	21	27	1	5	13	5	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	2	1	2	0
12:45	25	27	15	1	7	5	10	4	0	2	1	1	0	0	1	0	2	2	0	1	0	2	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 90 Aforo vehicular estación A1 – miércoles tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y AGRICULTURA
 CÁTEDRA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

DÍA: MARTES Sentido: NS HACIA CHINCHERO ▲

Hora	DÍA MARTES						Sentido NS																
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)
13:00	17	19	27	2	6	6	4	4	1	10	2	0	0	2	0	2	1	2	1	1	2	0	0
13:15	27	18	25	2	5	6	10	4	1	4	0	1	2	0	2	1	2	0	1	1	2	2	1
13:30	12	17	13	3	7	13	8	3	2	3	4	2	2	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0
13:45	19	16	25	1	3	10	8	2	1	10	0	0	2	0	1	1	2	0	2	2	2	2	0
14:00	17	11	16	2	7	10	8	2	1	9	3	2	0	2	1	0	1	2	0	0	2	2	1
14:15	25	20	28	1	7	15	9	3	1	0	5	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	0
14:30	20	26	20	0	5	14	6	2	2	0	4	2	1	2	1	2	2	1	1	2	0	1	2
14:45	30	21	24	2	6	13	8	2	0	1	3	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1
15:00	10	23	11	0	4	15	10	2	2	3	5	0	2	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0
15:15	25	29	29	2	3	13	10	2	0	0	0	2	2	1	0	1	0	2	1	2	1	0	2
15:30	30	30	19	1	7	11	5	1	0	3	1	2	0	2	0	2	1	2	2	1	1	2	2
15:45	36	26	30	3	7	13	4	4	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1
16:00	37	27	13	1	5	14	4	4	1	2	2	1	0	0	3	0	2	2	1	0	1	1	0
16:15	29	39	23	2	10	14	4	3	0	1	1	2	1	2	3	0	1	2	1	1	1	0	0
16:30	14	11	30	3	17	11	6	4	1	2	1	2	1	2	0	1	0	2	0	0	0	1	3
16:45	39	10	18	3	19	10	5	1	2	1	1	1	2	0	1	2	0	2	0	1	1	0	1
17:00	43	44	37	2	20	15	8	1	1	6	0	2	0	0	1	2	2	1	0	2	1	1	3
17:15	31	31	41	4	24	10	6	3	1	3	1	1	0	1	1	2	0	1	2	0	1	2	1
17:30	31	43	36	2	23	10	10	2	1	7	2	2	2	1	0	1	1	2	2	0	1	1	3
17:45	34	40	39	2	15	13	9	2	0	4	3	2	2	1	0	0	1	2	1	1	0	0	0
18:00	43	41	36	2	12	14	6	3	2	1	3	0	1	1	2	2	0	0	1	1	0	2	2
18:15	41	34	33	2	25	15	10	3	2	7	1	1	0	1	0	2	1	0	2	1	0	0	0
18:30	43	37	44	4	24	13	5	3	0	0	5	1	0	2	1	1	0	2	2	1	1	0	0
18:45	44	38	34	3	24	14	8	3	0	8	3	0	0	0	2	2	1	1	2	1	1	1	0
19:00	43	41	42	4	2	12	10	3	1	3	3	2	1	0	2	2	1	1	0	2	0	1	1
19:15	34	31	30	3	11	12	5	3	1	1	2	1	2	0	2	2	1	1	0	2	2	0	2
19:30	39	41	43	0	8	15	8	1	2	10	0	2	1	2	1	0	2	2	2	1	0	2	1
19:45	30	30	20	1	8	11	5	1	2	1	2	0	1	2	2	1	2	0	2	1	0	0	0
20:00	30	23	21	1	4	9	4	4	2	2	2	2	0	2	0	0	2	1	1	0	1	2	1
20:15	30	22	22	1	6	8	5	3	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0
20:30	30	29	24	0	6	11	7	1	0	0	1	0	0	1	1	0	2	2	0	2	2	2	2
20:45	28	22	28	2	7	11	4	3	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	2	2	0
21:00	27	21	23	1	5	11	4	1	2	1	1	1	2	0	0	0	2	0	0	2	2	2	0

Fuente: Elaboración propia



Tabla 91 Aforo vehicular estación A1 – jueves mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DOCTORAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

Hora	DÍA						MARTES			Sentido NS				HACIA CHINCHERO ▲																							
	auto	wagon	pick up	pasaj	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	3S4 (T3S4)	3T2 (C2R2)	3T3 (C2R3)	3T4 (C2R4)	3T5 (C2R5)	3T6 (C2R6)	3T7 (C3R2)	3T8 (C3R3)	3T9 (C3R4)	3T10 (C3R5)	3T11 (C3R6)	3T12 (C3R7)	3T13 (C3R8)	3T14 (C3R9)	3T15 (C3R10)				
06:00	12	17	10	12	3	7	2	1	2	1	2	2	2	0	0	1	1	2	1	2	2	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
06:15	8	18	12	12	0	3	1	4	2	0	1	0	2	1	1	0	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
06:30	11	10	16	10	2	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	2	2	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
06:45	10	12	16	3	2	18	6	1	0	2	0	1	0	1	1	1	2	3	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
07:00	34	33	23	11	7	14	3	4	1	9	0	1	1	1	0	0	2	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
07:15	44	31	11	10	6	13	6	3	2	9	3	1	2	0	1	2	1	0	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1		
07:30	26	24	17	12	10	18	6	1	1	7	3	0	0	2	1	2	1	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07:45	48	38	39	3	3	12	6	3	2	8	0	2	2	2	0	3	1	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
08:00	9	24	31	1	10	18	8	2	0	1	3	2	2	1	1	2	2	0	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
08:15	15	23	28	11	2	16	7	2	0	7	4	1	0	1	2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08:30	30	37	20	10	3	10	7	3	0	8	3	1	1	0	1	3	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
08:45	60	30	16	7	9	19	7	2	0	3	4	0	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09:00	26	47	36	2	10	6	7	2	2	10	0	2	0	2	1	0	0	2	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09:15	33	34	13	1	2	8	6	3	1	7	1	1	1	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09:30	19	19	16	0	8	7	6	2	2	9	2	0	1	2	0	2	0	0	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	0	2	0	2	0	0	0	
09:45	16	18	20	2	6	7	6	3	1	3	0	0	2	0	0	2	1	0	1	1	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	
10:00	16	20	11	2	3	6	3	3	0	2	1	0	3	1	1	0	1	0	2	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10:15	21	18	17	3	10	8	6	3	2	0	0	1	3	3	0	2	0	0	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
10:30	11	14	14	0	11	6	3	2	1	2	0	1	1	0	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10:45	16	18	12	1	10	9	3	3	1	0	2	1	2	2	1	1	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00	20	12	12	3	13	11	3	3	0	1	2	2	0	3	0	3	0	2	1	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	2	1	2	1	2	
11:15	22	16	13	1	10	10	7	3	0	1	0	2	1	1	0	3	1	1	1	2	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
11:30	22	17	12	1	9	9	7	2	2	0	2	1	0	0	2	1	2	1	2	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
11:45	13	13	19	0	3	8	3	2	2	0	2	0	1	0	2	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
12:00	15	12	9	2	7	7	4	1	2	3	2	2	2	0	1	3	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12:15	23	22	17	0	13	11	7	3	0	3	0	1	1	1	1	0	0	1	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12:30	23	18	13	2	14	14	9	4	2	1	0	0	1	2	2	0	1	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45	22	30	12	1	9	13	3	4	1	3	2	1	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 92 Aforo vehicular estación A1 – jueves tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SACUBA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

DÍA: MARTES Sentido: NS HACIA CHINCHERO ▲

Hora	DÍA						Sentido NS																				
	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)									
13:00	27	17	17	2	10	8	10	1	1	8	2	0	2	2	0	2	1	2	1	2	1	2	0	0	0	2	0
13:15	28	27	12	5	5	7	4	1	2	6	4	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1
13:30	25	15	14	2	3	14	10	4	0	8	4	1	2	1	0	0	0	2	0	2	0	2	0	1	2	2	2
13:45	30	10	30	5	6	14	4	1	2	3	0	0	2	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
14:00	20	23	16	0	6	13	4	2	0	7	4	2	0	1	0	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2
14:15	21	11	25	2	6	12	7	3	0	5	1	1	1	0	2	2	0	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1
14:30	20	29	13	3	3	15	9	3	0	1	3	1	2	1	1	2	0	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0
14:45	28	18	20	0	8	13	5	2	1	3	1	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	2	1	1
15:00	28	9	14	2	8	14	10	3	0	0	2	0	2	0	1	2	0	2	0	2	0	1	0	0	0	2	2
15:15	10	34	13	1	7	14	6	2	0	3	1	2	0	2	1	1	1	1	2	0	0	1	0	2	2	2	2
15:30	28	34	23	1	3	10	4	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	3	3
15:45	36	11	42	0	8	14	5	2	0	0	1	2	2	1	2	2	1	2	0	2	0	2	1	1	0	0	0
16:00	35	31	35	1	3	12	7	1	1	2	0	1	12	0	3	0	2	2	0	2	0	2	0	1	0	0	0
16:15	32	37	33	1	11	13	4	2	0	0	2	2	0	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	3	3
16:30	37	37	37	1	11	14	6	2	2	0	0	0	1	2	0	1	2	2	2	2	1	0	0	1	0	1	0
16:45	32	33	43	3	15	13	5	1	2	0	2	0	1	2	3	0	0	2	1	2	2	0	1	0	1	3	3
17:00	48	44	37	4	14	13	7	2	1	30	1	2	0	0	2	1	2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1
17:15	40	27	48	3	22	14	9	1	2	0	3	1	1	0	3	0	2	2	3	0	2	1	0	1	0	1	1
17:30	44	44	33	3	23	14	6	2	1	7	1	1	0	0	2	2	2	1	3	2	1	1	0	3	1	3	3
17:45	35	33	47	2	21	13	5	3	0	9	4	0	1	1	1	0	1	1	0	3	2	2	2	1	0	1	0
18:00	30	33	33	3	22	12	5	1	1	9	1	0	2	0	2	0	2	1	0	2	2	2	1	0	1	0	1
18:15	49	42	49	4	24	15	5	1	1	0	0	0	1	2	0	2	2	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0
18:30	39	32	38	4	22	14	8	1	1	10	2	2	2	1	1	1	2	1	3	2	0	1	2	1	2	1	1
18:45	38	45	35	2	11	14	4	3	0	7	4	1	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
19:00	32	32	30	3	12	12	4	1	0	0	2	1	0	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	0	0	0
19:15	45	33	33	0	14	13	7	2	1	4	2	1	0	1	2	0	0	2	0	1	1	2	2	2	2	2	2
19:30	38	34	32	0	11	13	3	1	0	2	1	0	0	1	1	2	0	2	1	2	0	0	0	1	2	2	2
19:45	23	20	20	0	12	10	6	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
20:00	24	28	21	1	7	7	6	1	0	0	0	2	2	1	2	2	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
20:15	23	28	24	1	4	7	3	3	0	1	0	2	1	0	0	1	1	2	1	0	1	2	1	2	1	1	1
20:30	27	29	23	2	3	8	4	3	1	0	2	2	1	1	0	1	2	0	2	2	1	1	1	1	0	0	0
20:45	36	22	24	1	7	10	7	3	0	1	0	2	0	0	2	1	2	0	2	0	0	0	1	1	1	1	1
21:00	20	21	28	3	4	8	6	1	0	1	2	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 93 Aforo vehicular estación A1 – viernes mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
MATERIA DISEÑO DE VÍAS DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2013"

Hora	DÍA MARTES						Sentido NS HACIA CHINCHERO ▲																
	auto	wagon	pick up	pasaj	comb	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	251 (T251)	252 (T252)	253 (T253)	351 (T351)	352 (T352)	353 (T353)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)
06:00	17	13	11	0	0	2	0	3	0	1	1	0	3	2	2	2	0	2	0	0	0	1	0
06:15	13	14	14	7	0	6	0	2	0	0	2	0	1	2	1	2	2	1	0	0	0	2	0
06:30	19	18	19	3	0	3	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	2	2	0	2	2	2	0
06:45	24	10	10	8	2	9	8	1	2	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	2	1	2	1
07:00	44	48	38	5	3	17	7	2	5	0	4	1	1	2	2	1	0	2	0	1	0	1	1
07:15	39	40	22	3	3	11	4	4	4	3	4	0	2	2	0	2	3	2	2	1	1	2	2
07:30	33	14	43	11	2	18	8	3	1	3	2	2	0	0	1	0	1	0	3	2	0	3	0
07:45	38	60	32	12	7	14	4	4	4	2	4	2	2	0	0	2	2	0	1	0	2	0	2
08:00	17	27	26	7	9	19	8	4	2	2	3	2	0	1	2	1	3	2	1	2	0	2	1
08:15	48	23	18	9	8	18	3	2	4	8	3	2	1	2	1	3	1	0	2	1	0	1	1
08:30	35	36	23	6	8	14	4	4	4	6	5	0	1	0	0	1	3	0	3	1	2	3	0
08:45	17	47	38	9	8	10	7	3	1	7	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	1	0	0
09:00	34	31	17	2	2	6	3	1	0	6	0	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
09:15	30	58	35	1	4	9	4	4	1	7	2	2	3	0	2	1	0	1	3	1	0	2	1
09:30	16	20	19	2	8	9	4	4	0	3	0	1	3	0	0	0	0	2	2	1	0	2	2
09:45	18	20	17	2	9	10	4	2	0	2	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	1	0
10:00	10	16	13	1	11	7	4	3	0	0	0	2	3	1	2	2	1	1	1	1	0	2	0
10:15	9	9	12	1	14	8	7	3	2	2	2	0	2	1	1	2	2	1	0	2	1	0	0
10:30	15	11	14	0	8	8	7	3	1	2	1	2	0	1	2	0	2	0	0	2	0	2	0
10:45	23	9	17	3	6	10	3	3	2	3	2	1	3	1	0	3	0	1	0	3	2	0	1
11:00	14	17	15	2	10	11	7	1	1	3	2	0	1	3	0	2	2	1	1	0	1	1	1
11:15	15	15	13	0	11	11	3	3	1	0	0	0	1	3	1	3	0	2	2	0	0	2	1
11:30	9	16	19	2	15	9	4	2	2	2	1	0	1	1	2	1	0	3	0	2	1	1	1
11:45	19	20	9	0	12	13	5	3	0	6	0	0	0	1	1	2	0	0	2	2	2	2	1
12:00	17	9	12	3	13	11	6	2	2	0	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	0
12:15	22	12	13	2	9	11	4	3	0	3	1	2	2	2	0	3	2	2	2	1	2	1	0
12:30	28	13	16	1	9	14	3	3	1	3	0	2	2	1	2	1	0	0	1	2	2	1	0
12:45	34	17	10	3	13	10	6	3	1	6	0	1	0	1	2	2	1	0	0	1	1	2	1

Fuente: Elaboración propia



Tabla 94 Aforo vehicular estación A1 – viernes tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACION DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DOCTORAL DE INGENIERIA
 "ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2021"

DÍA: MARTES Sentido: NS HACIA CHINCHERO ▲

Hora	Sentido NS						Sentido SN																	
	auto	wagon	pick-up	pasajero	onibus	microbus	2E (B1)	3E (B3)	4E (B4)	3E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	3E4 (T3E4)	272 (C2R2)	273 (C2R3)	372 (C3R2)	373 (C3R3)	374 (C3R4)
13:00	21	28	34	5	7	12	8	4	0	4	1	2	1	0	0	2	0	0	0	1	2	1	2	1
13:15	26	24	29	1	3	13	8	1	2	3	4	2	1	0	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2
13:30	26	23	28	5	8	15	6	1	1	7	3	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1
13:45	26	13	9	3	8	13	4	3	1	10	3	0	1	0	1	2	2	2	1	0	1	1	0	2
14:00	11	13	22	2	3	13	9	3	2	3	2	1	1	2	0	2	1	2	0	0	1	2	3	1
14:15	22	23	15	2	5	11	5	2	2	3	1	1	0	1	0	2	2	2	1	0	1	0	0	1
14:30	23	13	30	3	3	13	8	2	3	3	3	1	0	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0	0
14:45	24	21	34	1	7	13	8	2	4	2	3	2	1	2	1	2	2	1	0	1	1	1	0	2
15:00	17	12	21	2	3	10	10	1	3	2	1	1	1	2	3	0	0	0	1	1	1	2	0	1
15:15	9	30	10	2	6	12	6	3	1	0	1	2	0	2	3	1	1	1	2	0	2	2	2	1
15:30	13	34	22	1	7	13	7	3	1	0	1	2	1	2	2	0	2	1	0	1	2	0	0	3
15:45	32	33	39	1	3	13	6	2	3	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	2	1	0	2	2
16:00	32	33	40	0	3	14	4	1	4	0	0	0	0	2	1	2	2	0	2	1	0	0	0	0
16:15	55	41	45	2	12	14	9	3	3	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	2	0	2	0	1
16:30	46	39	49	3	19	10	9	2	1	0	2	0	2	0	2	1	2	2	1	0	0	2	1	1
16:45	43	37	41	3	13	10	9	3	2	2	1	1	1	1	2	2	0	0	2	0	2	0	0	0
17:00	33	37	46	3	12	14	5	2	3	2	2	0	1	0	1	1	2	0	2	1	1	0	1	0
17:15	34	47	45	3	12	12	8	2	3	1	4	2	1	2	1	1	0	1	1	2	0	2	2	0
17:30	36	29	32	2	22	15	7	2	3	0	3	1	2	0	2	1	1	2	0	1	0	1	2	2
17:45	34	44	32	2	13	11	9	2	3	3	4	2	2	2	2	1	1	0	1	2	3	2	2	1
18:00	39	42	32	4	10	13	3	4	2	3	0	0	2	0	2	0	1	2	3	0	2	2	0	2
18:15	47	48	30	2	11	11	4	2	4	2	5	1	2	0	2	2	2	0	1	0	1	0	2	1
18:30	39	38	41	2	19	10	8	4	6	4	3	1	2	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1	2
18:45	41	37	42	3	17	14	4	2	3	3	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1
19:00	31	43	41	4	7	14	10	1	2	3	4	0	0	0	0	0	2	1	2	1	0	1	0	1
19:15	33	30	38	0	9	13	3	3	2	2	2	2	0	0	0	1	2	2	0	0	2	2	0	0
19:30	38	36	43	1	7	11	7	2	2	8	0	0	1	2	2	1	0	2	0	0	1	2	2	0
19:45	31	23	23	1	12	7	3	2	2	1	2	0	2	0	2	2	0	1	2	1	1	2	2	1
20:00	28	27	26	2	0	7	4	3	2	0	1	0	0	1	2	1	1	1	1	2	1	0	1	2
20:15	26	27	24	0	3	8	4	1	0	2	1	2	2	1	0	1	0	2	1	2	0	2	2	0
20:30	22	27	23	2	1	7	3	2	1	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0	1	0	1	0	2
20:45	22	26	20	2	3	11	8	1	2	1	1	1	2	2	0	2	0	2	0	1	0	1	1	2
21:00	27	27	27	3	6	7	3	3	2	2	0	0	1	0	1	0	1	2	1	0	1	2	0	1

Fuente: Elaboración propia



Tabla 95 Aforo vehicular estación A1 – sábado mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA MARTES						Sentido NS HACIA CUSCO ▲																	
	auto	wagon	pick up	panel	coachi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	22	17	17	2	0	2	2	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	0	0	1	0	2	0	2
06:15	18	11	16	10	3	6	2	3	2	2	0	0	2	0	2	1	2	2	1	2	1	0	0	
06:30	24	13	12	12	3	4	0	4	1	1	0	1	4	1	0	2	1	2	2	2	0	1	0	
06:45	18	15	19	8	2	13	8	3	3	2	2	1	1	0	0	2	0	1	1	0	2	0	0	
07:00	20	40	44	9	9	8	8	4	3	1	3	0	0	1	1	0	1	1	0	2	1	2	2	
07:15	37	48	40	9	9	19	6	2	3	3	1	2	0	1	1	0	0	2	3	1	2	2	2	
07:30	39	23	38	2	10	9	7	1	3	4	4	2	0	2	2	0	2	1	2	0	2	2	0	
07:45	36	35	31	1	9	19	6	3	1	3	3	0	1	0	1	2	3	1	3	1	2	2	0	
08:00	13	30	17	9	8	7	8	3	1	2	1	0	2	0	2	0	2	0	0	2	0	1	0	
08:15	33	25	18	5	9	16	4	2	3	0	4	0	0	1	0	2	1	1	2	0	1	3	0	
08:30	39	42	48	0	7	7	4	4	1	6	3	2	2	2	0	3	1	0	0	1	1	0	2	
08:45	21	38	41	3	9	7	6	4	0	3	4	1	0	0	2	1	1	0	0	2	0	3	1	
09:00	47	20	19	11	6	7	7	1	2	6	2	0	0	1	0	0	1	1	2	0	2	1	2	
09:15	26	26	14	1	10	7	3	3	2	7	1	1	3	1	2	2	1	1	3	1	1	3	1	
09:30	18	13	13	1	6	9	3	3	0	4	0	0	0	1	3	1	1	1	2	0	1	2	2	
09:45	18	20	19	0	3	3	6	3	1	0	1	2	3	3	0	0	1	1	1	1	1	0	2	
10:00	30	15	18	2	8	10	7	2	0	0	0	1	3	3	1	1	1	2	1	2	0	0	0	
10:15	17	19	11	1	13	3	7	3	2	2	0	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	0	2	
10:30	20	18	9	2	10	9	8	3	2	3	2	2	3	3	0	2	1	0	2	1	1	2	1	
10:45	17	10	19	2	5	8	6	3	0	1	0	1	3	2	2	2	1	2	1	2	1	2	0	
11:00	13	11	13	2	11	9	3	1	1	1	3	0	2	0	2	3	1	2	0	0	1	2	1	
11:15	22	17	17	2	13	9	3	1	3	2	1	2	1	1	3	1	2	0	0	1	1	2	1	
11:30	18	17	14	1	9	9	4	3	0	1	1	2	0	3	2	3	1	1	0	1	2	1	2	
11:45	19	14	13	3	6	9	4	1	2	0	0	1	1	2	0	2	1	2	2	3	1	2	1	
12:00	17	20	20	3	6	7	8	3	0	3	0	0	1	2	1	1	1	0	2	3	0	1	0	
12:15	22	16	13	0	13	11	6	3	1	2	2	1	2	2	1	0	0	0	2	2	1	0	0	
12:30	20	26	13	2	3	10	9	1	2	3	2	2	1	2	0	1	2	2	2	2	0	2	0	
12:45	21	13	13	2	3	13	6	2	1	4	2	2	0	2	0	0	1	2	1	1	1	3	0	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 97 Aforo vehicular estación A1 – domingo mañana – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA MARTES						Sentido NS HACIA CUSCO▲																	
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)	
06:00	11	12	10	10	2	3	2	4	1	1	0	1	1	1	2	2	2	1	2	1	0	0	0	0
06:15	15	11	10	8	2	0	2	3	2	0	2	1	1	0	0	2	0	2	1	0	0	2	1	0
06:30	8	12	14	1	1	2	3	3	2	1	0	2	0	2	1	2	0	1	1	2	0	1	1	0
06:45	19	14	17	5	2	18	7	4	1	2	0	0	1	2	1	0	1	2	2	2	0	0	0	2
07:00	16	11	12	11	8	16	6	4	4	4	0	0	0	0	1	0	2	0	2	1	1	2	0	0
07:15	25	31	10	3	9	12	7	2	4	3	0	0	2	1	1	2	0	0	0	1	2	1	0	0
07:30	13	60	20	2	10	9	8	2	5	10	2	2	1	2	2	1	0	3	1	1	3	0	1	1
07:45	14	24	40	3	5	10	7	4	3	4	2	1	1	0	1	1	0	3	2	0	1	0	2	2
08:00	53	37	42	6	5	14	5	3	5	4	5	2	0	2	1	0	1	0	2	0	1	2	0	0
08:15	34	10	38	11	8	19	8	1	2	0	5	0	2	1	2	2	0	2	2	2	1	3	1	0
08:30	39	10	11	11	3	14	4	1	3	2	5	2	2	2	1	0	2	2	0	0	2	1	0	0
08:45	35	23	16	11	5	14	8	3	1	8	5	0	2	0	0	2	0	2	2	2	2	2	0	0
09:00	13	25	41	10	5	9	4	1	2	10	0	0	2	1	1	2	3	0	2	1	1	3	2	0
09:15	32	31	27	1	4	9	6	3	0	2	1	2	1	1	2	0	1	2	0	2	0	0	0	0
09:30	13	16	17	3	9	7	5	1	0	1	1	1	2	0	1	0	1	2	0	1	2	1	2	2
09:45	15	15	15	3	5	5	5	4	2	0	0	0	3	3	1	0	2	0	2	1	0	1	0	0
10:00	18	14	13	2	14	7	7	1	0	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2
10:15	11	9	10	3	14	7	6	3	0	3	2	2	3	1	2	3	2	2	0	0	1	2	2	2
10:30	22	19	15	0	11	8	8	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	2	2
10:45	16	18	19	1	7	9	7	2	0	1	1	0	1	2	1	3	2	1	0	0	1	0	2	1
11:00	15	10	11	0	6	5	7	1	2	3	1	1	2	1	0	2	2	0	0	3	2	2	2	1
11:15	17	17	19	3	9	13	7	3	2	3	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2	2	0	0
11:30	19	14	16	3	14	5	4	3	1	2	0	1	0	0	2	1	1	0	2	0	2	2	1	0
11:45	15	11	12	0	12	5	7	1	0	2	1	2	2	1	0	3	2	1	2	0	2	0	2	1
12:00	13	13	16	0	9	9	7	1	0	3	2	1	0	0	2	1	1	0	2	2	0	1	3	0
12:15	16	10	18	3	12	13	7	3	0	3	0	1	1	2	2	1	2	1	2	3	2	0	2	0
12:30	16	18	10	2	9	6	6	2	1	4	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	2	1	1	2
12:45	11	17	20	2	9	5	6	4	1	2	1	0	1	1	2	1	1	1	0	2	0	1	2	2

Fuente: Elaboración propia



Tabla 98 Aforo vehicular estación A1 – domingo tarde – hacia Cusco

FORMATO DE RECOPELACIÓN DE DATOS DE AFORO VEHICULAR
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
 "ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA CUSCO - AEROPUERTO DE CHINCHERO, 2023"

Hora	DÍA MARTES						Sentido NS			HACLA CUSCO ▲													
	auto	wagon	pick up	panel	combi	microbus	2E (B2)	3E (B3)	4E (B4)	2E (C2)	3E (C3)	4E (C4)	2E1 (T2E1)	2E2 (T2E2)	2E3 (T2E3)	3E1 (T3E1)	3E2 (T3E2)	3E3 (T3E3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)	3T4 (C3R4)
13:00	22	11	14	3	11	10	8	2	2	8	1	2	1	2	2	0	1	2	1	2	1	2	0
13:15	11	25	19	2	5	14	7	3	2	8	2	2	2	0	1	1	2	1	0	2	0	0	2
13:30	28	15	13	1	8	12	10	1	0	8	1	2	0	1	1	2	0	0	2	0	1	1	0
13:45	11	23	23	3	3	10	5	2	1	2	4	1	0	0	2	2	2	2	0	2	1	0	1
14:00	22	12	17	0	3	12	4	2	0	2	3	0	1	0	2	2	0	2	1	2	0	1	1
14:15	18	13	26	0	3	12	4	2	0	9	4	0	2	1	2	2	0	0	2	0	0	0	1
14:30	13	9	23	0	7	10	3	1	3	0	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	0	1	2
14:45	28	20	11	1	4	14	9	3	4	3	1	1	14	0	2	1	2	2	2	2	0	1	0
15:00	16	14	21	0	5	14	7	1	5	2	0	0	0	1	2	1	0	2	1	0	0	1	1
15:15	13	48	18	2	5	10	8	2	2	3	1	1	1	2	0	1	0	1	2	0	0	1	1
15:30	30	42	13	1	3	11	4	2	5	2	1	2	1	0	2	1	1	0	2	1	0	2	2
15:45	33	32	43	3	3	15	4	4	3	2	0	1	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	0
16:00	36	39	48	2	8	12	6	2	2	2	2	0	2	2	3	0	1	0	1	0	1	1	2
16:15	44	46	40	1	11	12	6	2	1	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	1	2	2	1
16:30	38	38	43	0	19	13	4	1	3	2	2	1	2	0	2	0	1	2	1	1	1	0	0
16:45	38	34	47	1	11	12	3	3	3	1	0	0	2	2	3	1	0	1	2	2	1	1	3
17:00	33	33	36	4	14	13	3	4	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	1	0	0	2
17:15	52	34	45	2	25	11	8	4	2	9	4	0	2	2	3	1	1	1	2	0	1	0	1
17:30	31	42	50	2	14	13	8	2	2	7	1	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	1	2
17:45	31	38	30	4	21	14	8	4	6	2	3	1	0	2	2	2	0	1	3	1	2	1	1
18:00	43	34	36	3	21	13	7	4	3	3	1	1	2	1	2	2	1	2	0	0	2	0	0
18:15	32	45	45	2	21	11	4	3	6	4	3	0	1	0	2	0	1	1	2	1	0	0	1
18:30	33	47	30	3	21	10	3	4	2	2	2	1	2	1	0	1	2	2	0	2	0	2	1
18:45	31	30	31	2	24	11	6	4	3	8	3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0
19:00	39	40	31	3	9	10	4	3	2	9	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	2	0	1
19:15	32	36	31	1	13	12	8	1	1	2	0	0	2	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0
19:30	40	38	44	0	5	13	6	4	2	4	2	0	0	0	1	2	1	2	0	2	2	1	2
19:45	20	23	24	1	11	8	4	2	2	0	1	1	2	0	2	2	0	1	2	1	2	1	0
20:00	30	21	20	0	0	7	4	3	1	0	0	1	0	2	2	0	1	1	0	2	2	1	2
20:15	20	26	30	0	2	8	6	3	2	2	0	2	1	2	1	0	0	1	1	0	1	2	0
20:30	29	24	24	1	1	8	3	2	1	1	1	0	1	2	2	1	2	0	2	0	2	2	1
20:45	27	30	20	2	1	9	2	3	0	1	1	0	2	1	2	0	1	1	2	2	0	0	1
21:00	24	21	25	3	7	9	3	1	2	0	1	1	1	1	2	0	0	1	2	2	0	1	0

Fuente: Elaboración propia



3.5.3. Estudio de tiempo de recorrido

El método del vehículo flotante se utilizó para calcular la velocidad de recorrido en una ruta específica. El objetivo era evaluar la calidad del movimiento de vehículos a lo largo de la ruta actual y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras de tránsito.

Se llevaron a cabo tres viajes en cada dirección, comenzando desde el terminal informal de Av. Grau hasta Chinchero, y se utilizaron dos cronómetros para medir el tiempo en ruta y el tiempo detenido. Se utilizó el odómetro del vehículo y el sistema GPS de Google Maps para medir las distancias.

La medida comenzó con el cronómetro en marcha y el odómetro en cero en el punto de inicio del recorrido. Cuando había una detención debido al tráfico, el cronómetro que estaba en marcha se detenía y el cronómetro que estaba parado se ponía en marcha. De esta manera, se podía obtener la primera distancia recorrida y el tiempo empleado leyendo en el odómetro.

Luego, se emplearon los métodos mencionados por (González Garrido, 1999) para calcular el tiempo medio. Este proceso permitió obtener datos precisos sobre la velocidad de recorrido y las demoras del tráfico a lo largo de la ruta analizada.

Tabla 99 *Tiempos semafóricos*

Nº	Ubicación	Rojo (s)	Ámbar (s)	Verde (s)
1	Av. Grau / Tres cruces	57	05	58
2	Av. Grau / Jr. 21 mayo	31	05	40
3	Av. Grau / Av. Antonio Lorena	35	05	95
4	Av. Antonio Lorena / Calle Rocopata	30	05	47
5	Av. Antonio Lorena / Calle Tambopata	35	05	40
6	Av. Antonio Lorena / Almudena	37	05	40
7	Av. Antonio Lorena / Av. Tomasa Tito Condemayta	35	05	45

Fuente: Elaboración propia

Figura 52 Ubicación de semáforos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53 Ubicación de semáforos



Fuente: Elaboración propia


Ida

Viaje 01 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el lunes 12/10/2020 iniciando el recorrido



desde el terminal informal de Cusco ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Suzuki Ertiga

Tabla 100 Formato de tiempos de recorrido


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA					
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”					
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum.	Tiempo detenido	Motivo
Av. Grau paradero Urubamba	0+000	08:00 a. m.			
Puente Grau	0+160	00:04	08:00:04	00:30	Semáforo
Av Grau / Jr. 21 mayo	0+310	00:05	08:00:09	00:30	Semáforo
Av Grau / Av. Antonio Lorena	0+660	00:09	08:00:18		
Av. Antonio Lorena / Rocopata	0+980	01:03	08:01:21	00:40	Semáforo/Cola
Av. Antonio Lorena / Almudena	1+680	00:54	08:03:15	00:50	Semáforo
PE-3S / Av. Tomasa Tito Condemayta	6+040	05:15	08:13:30	00:45	Semáforo
PE-3S / PE-28J	7+140	01:29	08:16:59	00:40	Reducción de la vía
Control Policial Poroy	12+366	06:58	08:23:00	05:00	Control policial
Desvío Izcuchaca	13+677	01:57	08:24:01		
Cachimayo	15+998	03:28	08:27:09		
Desvío a Koricancha Simtauca	18+829	04:14	08:31:14		
Paradero Retiro	21+056	03:04	08:34:18		
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	25+081	06:02	08:40:20		
Plaza Chinchero	29+623	06:03	08:46:23		

Fuente: Elaboración propia

Viaje 02 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el martes 13/10/2020 iniciando el recorrido desde el terminal informal de Cusco ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Toyota Avanza



Tabla 101 Formato de tiempos de recorrido

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA					
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”					
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum.	Tiempo detenido	Motivo
Av. Grau terminal informal	0+000	09:37 a. m.			
Av. Antonio Lorena / Rocopata	1+182	02:21	09:39:21	00:40	Semáforo
Av. Antonio Lorena / Almudena	1+789	01:12	09:40:33		
PE-3S / Tica Tica	6+164	03:33	09:44:06		
Tica Tica final de Satelite	7+282	01:40	09:45:46	00:40	Semáforo
Ruta 161	15+209	11:26	09:57:12		
Cachimayo	16+563	01:37	09:58:49		
Desvío a Koricancha Simtauca	19+394	03:24	10:02:13		
Paradero Retiro	21+621	02:40	10:04:53		
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	25+646	04:49	10:09:42		
Plaza Chinchero	30+188	05:27	10:15:09		

Fuente: Elaboración propia

Viaje 03 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el jueves 12/11/2020 iniciando el recorrido desde el terminal informal de Cusco ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Toyota Yaris

Tabla 102 Formato de tiempos de recorrido



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA					
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”					
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum. (mm:ss)	Tiempo detenido	Motivo
Av. Grau	0+000	01:00 p. m.			
Av. Grau	0+252	00:20	01:00:20	00:30	Semáforo
Av Grau /Av. Antonio Lorena	0+627	00:35	01:00:55		



Tabla 102 Formato de tiempos de recorrido

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA						
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”						
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum. (mm:ss)	Tiempo detenido	Motivo	
Av. Antonio Lorena / Tambopata	1+198	01:00	01:01:55	00:40	Semáforo	
Av. Antonio Lorena / Almudena	1+585	00:35	01:02:30		Semáforo	
PE-3S / Tica Tica	5+960	06:30	01:08:40	00:45	Semáforo	
Tica Tica final de Satellite	7+078	01:40	01:09:50	00:40	Semáforo	
Control Policial Poroy	12+304	07:50	01:17:02	01:00	Control policial	
Desvío Izcuchaca	13+615	02:00	01:19:02			
Cachimayo	15+936	03:30	01:21:32			
Desvío a Koricancha Simtauca	18+767	04:15	01:24:47			
Paradero Retiro	20+994	03:25	01:28:12			
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	25+019	06:10	01:33:22			
Plaza Chinchero	29+561	07:48	01:40:10			

Fuente: Elaboración propia

Viaje 04 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el sábado 14/11/2020 iniciando el recorrido desde el terminal informal de Cusco ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Toyota Hilux a las 5:30 p.m.

Tabla 103 Formato de tiempos de recorrido



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA						
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”						
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum. (mm:ss)	Tiempo detenido	Motivo	
Av. Grau / terminal Urubamba	0+000	05:30 p.m.				



Tabla 103 Formato de tiempos de recorrido

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA						
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”						
Lugar	Km	Tiempo en marcha (mm:ss)	T. marcha Acum. (mm:ss)	Tiempo detenido	Motivo	
Av Grau / Jr. 21 mayo	0+310	00:44	05:30:44	00:30	Semáforo/colas	
Av Grau / Av. Antonio Lorena	0+660	00:45	05:31:29		Colas	
Av. Antonio Lorena / Rocopata	0+980	01:50	05:33:19	00:40	Semáforo/colas/buses	
Av. Antonio Lorena / Almudena	1+680	02:45	05:36:04	00:40	Semáforo	
PE-3S / Av. Tomasa Tito Condemayta	6+040	16:10	05:52:14	00:45	Sem/rompe/buses	
PE-3S / PE-28J	7+140	02:50	05:55:04	00:40	Semáforo/autos estacionados	
Control Policial Poroy	12+366	18:12	06:13:16	01:00	Control policial	
Desvío Izcuchaca	13+677	02:00	06:15:16			
Cachimayo	15+998	02:30	06:17:46			
Desvío a Koricancha Simtauca	18+829	03:15	06:21:01			
Paradero Retiro	21+056	03:25	06:24:26			
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	25+081	05:10	06:29:36			
Plaza Chinchero	29+623	06:48	06:36:24			

Fuente: Elaboración propia

Vuelta

Viaje 01 en sentido Chinchero – Cusco, realizado el lunes 12/10/2020 iniciando el recorrido desde el terminal de Urubamba ubicado en la Av. Mariscal Castilla, en un vehículo Renault Máster



Tabla 104 Tiempo de recorrido vuelta 01



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Lugar	Km	Tiempo en marcha	T. marcha acum.	Tiempo detenido	Motivo
Plaza Chinchero	0+000	01:45 p. m.			
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	4+542	06:48	13:51:48		
Paradero Retiro	8+567	05:21	13:57:09		
Desvío a Koricancha Simtauca	10+794	03:10	14:00:19		
Cachimayo	13+625	03:46	14:04:05		
Desvío Izcuchaca	15+946	03:23	14:07:28		
Control Policial Poroy	17+257	01:52	14:09:20		
Tica tica terminal Satélite	22+483	06:03	14:15:23		
PE-3S / Tica Tica	23+601	01:35	14:16:58	00:45	Semáforo
Av. Antonio Lorena / Almudena	27+976	06:43	14:23:41		
Av. Antonio Lorena / Tambopata	28+583	00:55	14:24:36		
Av Grau /Av. Antonio Lorena	29+265	01:08	14:25:44	00:40	Semáforo
Av. Grau /Terminal Cusco	29+515	00:24	14:26:08		

Fuente: Elaboración propia

Viaje 02 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el martes 13/10/2020 iniciando el recorrido desde el terminal de Urubamba ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Renault Master.



Tabla 105 Tiempo de recorrido vuelta 02



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA


“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Lugar	Km	T. en marcha	T. marcha acum.	T. detenido	Motivo
Plaza Chinchero	0+000	06:35:00 p. m.			
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	04+542	06:38	18:41:38		
Paradero Retiro	08+567	05:29	18:47:07		
Desvío a Koricancha Simtauca	10+794	03:15	18:50:22		
Cachimayo	13+625	04:05	18:54:27		
Desvío Izcuchaca	15+946	03:39	18:58:06	00:15	congestión vehicular
Control Policial Poroy	17+257	01:49	18:59:55		
Tica tica terminal Satellite	22+483	14:55	19:14:50		
PE-3S / Tica Tica	23+601	02:22	19:17:12		
Av. Antonio Lorena / Almudena	27+976	07:45	19:24:57		
Av. Antonio Lorena / Tambopata	28+583	01:10	19:26:07		
Av Grau /Av. Antonio Lorena	29+265	01:14	19:27:21		
Av. Grau /Terminal Cusco	29+515	00:30	19:27:51	00:54	congestión vehicular y semáforo

Fuente: Elaboración propia

Viaje 03 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el jueves 12/11/2020 iniciando el recorrido desde el terminal informal de Urubamba ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Renault Master

Tabla 106 Tiempo de recorrido vuelta 03


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA						
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”						
Lugar	Km	T. en marcha	T. marcha acum.	T. detenido	Motivo	
Plaza Chinchero	0+000	06:15 p. m.				
Parad. cinco nevados / mirador de la cordillera	04+542	06:03	18:21:03			
Paradero Retiro	08+567	05:45	18:26:48			
Desvío a Koricancha Simtauca	10+794	03:15	18:30:03			
Cachimayo	13+625	04:02	18:34:05			
Desvío Izcuchaca	15+946	03:58	18:38:03	00:35	congestión vehicular	
Control Policial Poroy	17+257	02:37	18:40:40			
Tica tica terminal Satelite	22+483	15:40	18:56:20			
PE-3S / Tica Tica	23+601	02:47	18:59:07			
Av. Antonio Lorena / Almudena	27+976	10:45	19:09:52			
Av. Antonio Lorena / Tambopata	28+583	01:54	19:11:46			
Av Grau /Av. Antonio Lorena	29+265	01:38	19:13:24			
Av. Grau /Terminal Cusco	29+515	00:45	19:14:09	00:15	congestión vehicular	

Fuente: Elaboración propia

Viaje 04 en sentido Cusco – Chinchero, realizado el sábado 14/11/2020 iniciando el recorrido desde el terminal informal de Cusco ubicado en la Av. Grau, en un vehículo Toyota Hilux a las 6:50 p.m.




Tabla 107 Tiempo de recorrido vuelta 04

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA					
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”					
Lugar	Km	T. marcha (mm:ss)	ΣT. marcha (mm:ss)	Tiempo detenido	Motivo
Plaza Chinchero	0+000	06:50 p. m.			
Parad. cinco nevados / mirador de la coordillera	4+542	06:11	18:56:11		
Paradero Retiro	8+567	05:45	19:01:56		
Desvío a Koricancha Simtauca	10+794	03:15	19:05:11		
Cachimayo	13+625	04:02	19:09:13		
Desvío Izcuchaca	15+946	03:58	19:13:11		
Control Policial Poroy	17+257	02:37	19:15:48	00:45	congestión vehicular/cruce e avance lento / vehículos pesados
Tica tica terminal Satellite	22+483	25:20	19:41:08		
PE-3S / Tica Tica	23+601	02:47	19:43:55		
Av. Antonio Lorena / Almudena	27+976	10:45	19:54:40		
Av. Antonio Lorena / Tambopata	28+583	01:54	19:56:34		
Av Grau /Av. Antonio Lorena	29+265	01:38	19:58:12		
Av. Grau /Terminal Cusco	29+515	00:45	19:58:57	00:15	congestión vehicular

Fuente: Elaboración propia



Tabla 108 Tiempo de recorrido acumulado

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUΣCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA					
“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”					
Sentido	Viaje	Distancia recorrida Km	Tiempo en marcha hh:mm:ss	Tiempo detenido mm:ss	Tiempo de viaje hh:mm:ss
IDA	1	29+623	46:23	08:55	55:18
	2	30+188	38:09	01:20	39:29
	3	29+561	40:10	03:35	43:45
	4	29+623	01:06:24	04:15	10:39
VUELTA	1	29+515	41:08	01:25	42:33
	2	29+515	52:21	01:09	53:30
	3	29+515	50:09	00:50	50:59
	4	29+515	01:08:57	01:00	09:57

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Estudio de velocidades

Equipo

- Celular
- Cronómetro
- Cinta métrica

Procedimiento

Para el análisis de velocidad, se eligió un punto representativo en la progresiva 5+475.96 para medir y marcar el punto de llegada de los vehículos en 60 metros y grabarlos durante una hora. Como se indica (Transportation Research Board, 2010), las medidas se realizaron en ambas direcciones y cada medición direccional se basó en una muestra aleatoria de por lo menos 100 velocidades de vehículos, siempre y cuando el flujo de vehículos en ambos sentidos fuera menor o igual a 200 km/h. Después de la filmación, se llevó al gabinete para tomar los datos precisos con un cronometro.

Figura 54 Ubicación de los puntos de muestra



Fuente: Elaboración propia

Toma de datos

Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación:	V1	Sentido:	SN Hacia Chinchero ▲		N°	1
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
1	0:00:03.00	0:00:07.00	4.00	60	15	54
2	0:00:08.20	0:00:12.30	4.10	60	14.63	53
3	0:00:16.70	0:00:21.00	4.30	61	14.19	51
4	0:00:19.60	0:00:23.70	4.10	62	15.12	54
5	0:00:24.60	0:00:29.40	4.80	63	13.13	47
6	0:00:26.50	0:00:29.80	3.30	64	19.39	70
7	0:00:30.40	0:00:34.40	4.00	65	16.25	59
8	0:00:31.30	0:00:35.00	3.70	66	17.84	64
9	0:00:33.10	0:00:36.90	3.80	67	17.63	63
10	0:00:42.50	0:00:46.80	4.30	68	15.81	57
11	0:00:44.60	0:00:48.40	3.80	69	18.16	65
12	0:00:45.70	0:00:49.60	3.90	70	17.95	65
13	0:00:48.80	0:00:52.60	3.80	71	18.68	67
14	0:00:55.10	0:00:58.90	3.80	72	18.95	68
15	0:00:57.20	0:01:01.50	4.30	73	16.98	61
16	0:01:05.50	0:01:08.70	3.20	60	18.75	68
17	0:01:10.80	0:01:14.20	3.40	61	17.94	65
18	0:01:15.10	0:01:19.30	4.20	62	14.76	53
19	0:01:17.00	0:01:20.90	3.90	63	16.15	58
20	0:01:22.00	0:01:25.80	3.80	60	15.79	57



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación:	V1	Sentido:	SN Hacia Chinchero ▲		N°	1
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
21	0:01:27.40	0:01:31.10	3.70	60	16.22	58
22	0:01:31.20	0:01:34.80	3.60	60	16.67	60
23	0:01:36.10	0:01:40.00	3.90	61	15.64	56
24	0:01:40.30	0:01:43.70	3.40	62	18.24	66
25	0:01:47.40	0:01:51.00	3.60	60	16.67	60
26	0:02:03.70	0:02:07.00	3.30	60	18.18	65
27	0:02:07.10	0:02:10.60	3.50	61	17.43	63
28	0:02:10.20	0:02:14.10	3.90	62	15.90	57
29	0:02:13.30	0:02:16.70	3.40	63	18.53	67
30	0:02:16.40	0:02:19.80	3.40	60	17.65	64
31	0:02:22.90	0:02:26.90	4.00	60	15.00	54
32	0:02:25.60	0:02:29.40	3.80	60	15.79	57
33	0:02:37.10	0:02:40.50	3.40	61	17.94	65
34	0:02:42.30	0:02:46.20	3.90	62	15.90	57
35	0:02:47.50	0:02:51.50	4.00	60	15.00	54
36	0:02:53.50	0:02:57.10	3.60	60	16.67	60
37	0:02:58.40	0:03:02.20	3.80	60	15.79	57
38	0:03:06.80	0:03:10.50	3.70	60	16.22	58
39	0:03:29.80	0:03:33.20	3.40	60	17.65	64
40	0:03:55.40	0:04:00.20	4.80	60	12.50	45
41	0:04:19.10	0:04:23.80	4.70	60	12.77	46
42	0:04:26.60	0:04:31.00	4.40	60	13.64	49
43	0:04:31.00	0:04:34.10	3.10	60	19.35	70
44	0:04:59.90	0:05:04.10	4.20	60	14.29	51
45	0:05:23.20	0:05:27.00	3.80	60	15.79	57
46	0:05:25.60	0:05:29.60	4.00	60	15.00	54
47	0:06:10.00	0:06:13.30	3.30	60	18.18	65
48	0:06:31.50	0:06:36.40	4.90	60	12.24	44
49	0:06:37.00	0:06:40.50	3.50	60	17.14	62
50	0:06:46.40	0:06:50.00	3.60	60	16.67	60
51	0:06:48.80	0:06:51.90	3.10	60	19.35	70
52	0:07:20.80	0:07:24.60	3.80	60	15.79	57
53	0:07:31.30	0:07:35.10	3.80	60	15.79	57



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación: N°	V1 Cruza Línea 1	Sentido: Cruza Línea 2	SN Hacia Chinchero ▲		N° Velocidad (m/s)	1 Velocidad (Km/h)
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
54	0:07:48.20	0:07:52.90	4.70	60	12.77	46
55	0:07:58.80	0:08:02.10	3.30	60	18.18	65
56	0:08:37.60	0:08:41.50	3.90	60	15.38	55
57	0:08:45.40	0:08:48.90	3.50	60	17.14	62
58	0:08:53.20	0:08:57.30	4.10	60	14.63	53
59	0:09:05.50	0:09:10.10	4.60	60	13.04	47
60	0:09:12.90	0:09:17.70	4.80	60	12.50	45
61	0:09:28.10	0:09:32.90	4.80	60	12.50	45
62	0:09:35.20	0:09:39.90	4.70	60	12.77	46
63	0:09:42.10	0:09:46.20	4.10	60	14.63	53
64	0:10:01.50	0:10:04.90	3.40	60	17.65	64
65	0:10:07.80	0:10:11.30	3.50	60	17.14	62
66	0:06:13.00	0:06:16.70	3.70	60	16.22	58
67	0:06:19.70	0:06:23.50	3.80	60	15.79	57
68	0:06:25.20	0:06:29.30	4.10	60	14.63	53
69	0:06:37.60	0:06:41.50	3.90	60	15.38	55
70	0:06:45.30	0:06:49.60	4.30	60	13.95	50
71	0:06:53.20	0:06:57.40	4.20	60	14.29	51
72	0:06:58.10	0:07:02.90	4.80	60	12.50	45
73	0:07:09.00	0:07:13.40	4.40	60	13.64	49
74	0:07:15.70	0:07:20.50	4.80	60	12.50	45
75	0:07:22.70	0:07:26.80	4.10	60	14.63	53
76	0:07:24.00	0:07:27.50	3.50	60	17.14	62
77	0:07:28.90	0:07:33.00	4.10	60	14.63	53
78	0:07:39.60	0:07:44.20	4.60	60	13.04	47
79	0:07:45.10	0:07:49.70	4.60	60	13.04	47
80	0:07:46.20	0:07:49.70	3.50	60	17.14	62
81	0:07:48.10	0:07:52.30	4.20	60	14.29	51
82	0:07:55.40	0:07:59.90	4.50	60	13.33	48
83	0:07:56.30	0:08:00.50	4.20	60	14.29	51
84	0:07:57.50	0:08:01.90	4.40	60	13.64	49
85	0:08:03.70	0:08:07.50	3.80	60	15.79	57
86	0:08:09.20	0:08:13.00	3.80	60	15.79	57



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación: N°	V1		Sentido: SN Hacia Chinchero ▲		N°	1
	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
87	0:08:10.00	0:08:13.60	3.60	60	16.67	60
88	0:08:10.90	0:08:13.90	3.00	60	20.00	72
89	0:08:11.50	0:08:14.80	3.30	60	18.18	65
90	0:08:12.70	0:08:16.20	3.50	60	17.14	62
91	0:08:13.00	0:08:17.10	4.10	60	14.63	53
92	0:08:18.70	0:08:23.50	4.80	60	12.50	45
93	0:08:26.70	0:08:30.50	3.80	60	15.79	57
94	0:08:28.10	0:08:32.30	4.20	60	14.29	51
95	0:08:39.30	0:08:43.80	4.50	60	13.33	48
96	0:08:41.20	0:08:45.10	3.90	60	15.38	55
97	0:08:41.50	0:08:46.00	4.50	60	13.33	48
98	0:08:43.60	0:08:47.90	4.30	60	13.95	50
99	0:08:44.10	0:08:47.90	3.80	60	15.79	57
100	0:08:44.80	0:08:48.90	4.10	60	14.63	53
101	0:08:45.70	0:08:49.00	3.30	60	18.18	65
102	0:08:45.90	0:08:50.40	4.50	60	13.33	48
103	0:08:47.00	0:08:51.30	4.30	60	13.95	50
104	0:08:47.50	0:08:52.00	4.50	60	13.33	48
105	0:08:48.40	0:08:52.00	3.60	60	16.67	60
106	0:08:49.30	0:08:53.70	4.40	60	13.64	49
107	0:08:51.10	0:08:54.90	3.80	60	15.79	57
108	0:08:51.70	0:08:55.70	4.00	60	15.00	54
109	0:08:53.50	0:08:57.10	3.60	60	16.67	60
110	0:08:54.90	0:08:58.50	3.60	60	16.67	60
111	0:09:01.90	0:09:05.50	3.60	60	16.67	60
112	0:09:02.70	0:09:08.10	5.40	60	11.11	40
113	0:09:02.80	0:09:08.90	6.10	60	9.84	35
114	0:09:03.30	0:09:09.40	6.10	60	9.84	35
115	0:09:03.90	0:09:09.90	6.00	60	10.00	36
116	0:09:04.90	0:09:09.50	4.60	60	13.04	47
117	0:09:05.50	0:09:10.00	4.50	60	13.33	48
118	0:09:06.60	0:09:11.70	5.10	60	11.76	42
119	0:09:12.50	0:09:16.60	4.10	60	14.63	53



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación: N°	V1 Cruza Línea 1	Sentido: Cruza Línea 2	SN Hacia Chinchero ▲		N° Velocidad (m/s)	1 Velocidad (Km/h)
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
120	0:09:13.10	0:09:16.70	3.60	60	16.67	60
121	0:09:14.50	0:09:17.80	3.30	60	18.18	65
122	0:09:15.70	0:09:19.20	3.50	60	17.14	62
123	0:09:16.90	0:09:20.50	3.60	60	16.67	60
124	0:09:17.40	0:09:21.10	3.70	60	16.22	58
125	0:09:22.60	0:09:26.30	3.70	60	16.22	58
126	0:09:23.50	0:09:27.00	3.50	60	17.14	62
127	0:09:24.20	0:09:28.10	3.90	60	15.38	55
128	0:09:26.10	0:09:29.80	3.70	60	16.22	58
129	0:09:35.10	0:09:39.10	4.00	60	15.00	54
130	0:09:36.80	0:09:40.20	3.40	60	17.65	64
131	0:09:38.80	0:09:42.20	3.40	60	17.65	64
132	0:09:40.00	0:09:44.00	4.00	60	15.00	54
133	0:09:40.90	0:09:44.70	3.80	60	15.79	57
134	0:09:47.60	0:09:51.40	3.80	60	15.79	57
135	0:09:52.20	0:09:56.90	4.70	60	12.77	46
136	0:09:55.70	0:10:00.00	4.30	60	13.95	50
137	0:10:02.60	0:10:06.20	3.60	60	16.67	60
138	0:10:07.00	0:10:10.70	3.70	60	16.22	58
139	0:10:11.00	0:10:14.30	3.30	60	18.18	65
140	0:10:15.30	0:10:19.60	4.30	60	13.95	50
141	0:10:22.10	0:10:26.80	4.70	60	12.77	46
142	0:10:25.50	0:10:29.90	4.40	60	13.64	49
143	0:10:26.40	0:10:31.00	4.60	60	13.04	47
144	0:10:31.20	0:10:35.10	3.90	60	15.38	55
145	0:10:33.80	0:10:37.10	3.30	60	18.18	65
146	0:10:34.70	0:10:39.30	4.60	60	13.04	47
147	0:10:45.40	0:10:48.80	3.40	60	17.65	64
148	0:10:49.90	0:10:53.40	3.50	60	17.14	62
149	0:10:50.60	0:10:54.90	4.30	60	13.95	50
150	0:11:02.00	0:11:06.00	4.00	60	15.00	54
151	0:11:03.10	0:11:06.90	3.80	60	15.79	57
152	0:11:15.60	0:11:18.90	3.30	60	18.18	65



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación: N°	V1		Sentido: SN Hacia Chinchero ▲		N° 1	
	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
153	0:11:16.50	0:11:20.50	4.00	60	15.00	54
154	0:11:23.90	0:11:27.40	3.50	60	17.14	62
155	0:11:29.40	0:11:33.60	4.20	60	14.29	51
156	0:11:33.20	0:11:37.60	4.40	60	13.64	49
157	0:11:45.20	0:11:48.30	3.10	60	19.35	70
158	0:11:49.30	0:11:53.30	4.00	60	15.00	54
159	0:11:55.40	0:12:59.10	3.70	60	16.22	58
160	0:12:04.80	0:12:08.60	3.80	60	15.79	57
161	0:12:06.40	0:12:09.60	3.20	60	18.75	68
162	0:12:09.10	0:12:13.20	4.10	60	14.63	53
163	0:12:11.30	0:12:15.00	3.70	60	16.22	58
164	0:12:15.90	0:12:20.00	4.10	60	14.63	53
165	0:12:28.30	0:12:31.50	3.20	60	18.75	68
166	0:12:33.70	0:12:37.00	3.30	60	18.18	65
167	0:12:38.30	0:12:42.70	4.40	60	13.64	49
168	0:12:45.80	0:12:49.70	3.90	60	15.38	55
169	0:12:53.00	0:12:56.90	3.90	60	15.38	55
170	0:13:05.50	0:13:09.50	4.00	60	15.00	54
171	0:13:12.40	0:13:16.10	3.70	60	16.22	58
172	0:13:16.80	0:13:20.30	3.50	60	17.14	62
173	0:13:21.70	0:13:25.20	3.50	60	17.14	62
174	0:13:23.60	0:13:28.20	4.60	60	13.04	47
175	0:13:28.20	0:13:31.90	3.70	60	16.22	58
176	0:13:30.60	0:13:33.90	3.30	60	18.18	65
177	0:13:35.20	0:13:39.30	4.10	60	14.63	53
178	0:13:39.00	0:13:43.60	4.60	60	13.04	47
179	0:13:41.80	0:13:45.40	3.60	60	16.67	60
180	0:13:47.70	0:13:51.00	3.30	60	18.18	65
181	0:14:07.60	0:14:11.50	3.90	60	15.38	55
182	0:14:13.30	0:14:17.20	3.90	60	15.38	55
183	0:14:25.70	0:14:30.40	4.70	60	12.77	46
184	0:14:29.10	0:14:33.40	4.30	60	13.95	50
185	0:14:31.20	0:14:35.50	4.30	60	13.95	50



Tabla 109 Datos de velocidad N°1 Hacia Chinchero



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación:	V1	Sentido:	SN Hacia Chinchero ▲		N°	1
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
186	0:14:38.70	0:14:42.40	3.70	60	16.22	58
187	0:14:44.40	0:14:47.90	3.50	60	17.14	62
188	0:14:46.50	0:14:50.50	4.00	60	15.00	54
189	0:14:56.50	0:15:00.00	3.50	60	17.14	62
190	0:14:58.10	0:15:02.60	4.50	60	13.33	48
191	0:15:01.60	0:15:05.00	3.40	60	17.65	64
192	0:15:07.90	0:15:12.00	4.10	60	14.63	53
193	0:15:09.20	0:15:13.10	3.90	60	15.38	55
194	0:15:13.40	0:15:17.40	4.00	60	15.00	54
195	0:15:15.50	0:15:18.70	3.20	60	18.75	68
196	0:15:22.90	0:15:26.50	3.60	60	16.67	60
197	0:15:24.70	0:15:28.60	3.90	60	15.38	55
198	0:15:36.30	0:15:40.00	3.70	60	16.22	58
199	0:15:41.80	0:15:45.30	3.50	60	17.14	62
200	0:15:43.80	0:15:47.20	3.40	60	17.65	64
201	0:15:54.10	0:15:57.50	3.40	60	17.65	64
202	0:15:59.00	0:16:02.50	3.50	60	17.14	62
203	0:16:05.20	0:16:09.20	4.00	60	15.00	54
204	0:16:07.90	0:16:11.50	3.60	60	16.67	60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Estación:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2	Tiempo (s)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
1	0:00:01.50	0:00:05.00	3.50	60	17.14	62



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
2	0:00:02.50	0:00:05.70	3.20	60	18.75	68
3	0:00:03.10	0:00:06.70	3.60	60	16.67	60
4	0:00:14.40	0:00:17.30	2.90	60	20.69	74
5	0:00:20.80	0:00:24.10	3.30	60	18.18	65
6	0:00:21.60	0:00:25.00	3.40	60	17.65	64
7	0:00:24.70	0:00:28.10	3.40	60	17.65	64
8	0:00:32.20	0:00:35.30	3.10	60	19.35	70
9	0:00:35.00	0:00:38.30	3.30	60	18.18	65
10	0:00:40.80	0:00:43.90	3.10	60	19.35	70
11	0:00:52.90	0:00:56.10	3.20	60	18.75	68
12	0:00:55.40	0:00:59.00	3.60	60	16.67	60
13	0:01:02.90	0:01:06.20	3.30	60	18.18	65
14	0:01:05.70	0:01:09.20	3.50	60	17.14	62
15	0:01:11.20	0:01:14.60	3.40	60	17.65	64
16	0:01:17.30	0:01:20.40	3.10	60	19.35	70
17	0:01:20.50	0:01:23.60	3.10	60	19.35	70
18	0:01:28.10	0:01:31.70	3.60	60	16.67	60
19	0:01:31.30	0:01:34.90	3.60	61	16.94	61
20	0:01:34.50	0:01:38.10	3.60	62	17.22	62
21	0:01:46.00	0:01:49.30	3.30	63	19.09	69
22	0:01:48.70	0:01:52.20	3.50	64	18.29	66
23	0:01:55.10	0:01:58.60	3.50	65	18.57	67
24	0:01:57.30	0:02:01.10	3.80	66	17.37	63
25	0:02:08.50	0:02:11.70	3.20	67	20.94	75
26	0:02:10.90	0:02:14.60	3.70	68	18.38	66
27	0:02:11.80	0:02:15.90	4.10	69	16.83	61
28	0:02:16.80	0:02:20.90	4.10	70	17.07	61
29	0:02:19.40	0:02:23.50	4.10	71	17.32	62
30	0:02:24.60	0:02:28.90	4.30	72	16.74	60
31	0:02:28.10	0:02:32.00	3.90	73	18.72	67
32	0:02:34.00	0:02:37.90	3.90	74	18.97	68
33	0:02:37.40	0:02:40.70	3.30	60	18.18	65
34	0:02:42.10	0:02:45.00	2.90	60	20.69	74



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
35	0:02:49.70	0:02:53.10	3.40	60	17.65	64
36	0:03:01.00	0:03:04.10	3.10	60	19.35	70
37	0:03:05.70	0:03:09.20	3.50	60	17.14	62
38	0:03:08.40	0:03:11.90	3.50	60	17.14	62
39	0:03:14.30	0:03:17.80	3.50	60	17.14	62
40	0:03:18.80	0:03:22.40	3.60	60	16.67	60
41	0:03:25.50	0:03:29.10	3.60	60	16.67	60
42	0:03:33.40	0:03:36.90	3.50	60	17.14	62
43	0:03:35.40	0:03:38.80	3.40	60	17.65	64
44	0:03:43.10	0:03:46.50	3.40	60	17.65	64
45	0:03:48.90	0:03:52.50	3.60	60	16.67	60
46	0:03:55.00	0:03:58.00	3.00	60	20.00	72
47	0:03:59.30	0:04:02.60	3.30	60	18.18	65
48	0:04:01.10	0:04:04.20	3.10	60	19.35	70
49	0:04:08.20	0:04:11.60	3.40	60	17.65	64
50	0:04:13.50	0:04:17.00	3.50	60	17.14	62
51	0:04:20.80	0:04:24.10	3.30	60	18.18	65
52	0:04:25.70	0:04:28.90	3.20	60	18.75	68
53	0:04:38.60	0:04:42.20	3.60	60	16.67	60
54	0:04:45.80	0:04:49.10	3.30	60	18.18	65
55	0:04:53.40	0:04:57.00	3.60	60	16.67	60
56	0:04:58.60	0:05:01.80	3.20	60	18.75	68
57	0:05:09.80	0:05:13.30	3.50	60	17.14	62
58	0:05:16.40	0:05:20.00	3.60	60	16.67	60
59	0:05:23.10	0:05:26.90	3.80	60	15.79	57
60	0:05:24.20	0:05:28.00	3.80	60	15.79	57
61	0:05:29.80	0:05:33.60	3.80	60	15.79	57
62	0:05:40.60	0:05:43.70	3.10	60	19.35	70
63	0:05:45.80	0:05:49.10	3.30	60	18.18	65
64	0:05:46.20	0:05:49.60	3.40	60	17.65	64
65	0:05:48.50	0:05:51.90	3.40	60	17.65	64
66	0:05:55.30	0:05:58.30	3.00	60	20.00	72
67	0:05:56.40	0:05:59.90	3.50	60	17.14	62



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
68	0:05:58.10	0:06:01.50	3.40	60	17.65	64
69	0:06:03.60	0:06:07.00	3.40	60	17.65	64
70	0:06:06.50	0:06:09.70	3.20	60	18.75	68
71	0:06:09.00	0:06:12.40	3.40	60	17.65	64
72	0:06:15.70	0:06:18.90	3.20	60	18.75	68
73	0:06:28.90	0:06:32.40	3.50	60	17.14	62
74	0:06:29.90	0:06:33.50	3.60	60	16.67	60
75	0:06:31.20	0:06:34.90	3.70	60	16.22	58
76	0:06:37.10	0:06:40.70	3.60	60	16.67	60
77	0:06:39.20	0:06:43.00	3.80	60	15.79	57
78	0:06:45.30	0:06:48.70	3.40	60	17.65	64
79	0:06:47.70	0:06:51.10	3.40	60	17.65	64
80	0:06:53.40	0:06:56.70	3.30	60	18.18	65
81	0:06:57.50	0:07:00.90	3.40	60	17.65	64
82	0:07:03.60	0:07:07.30	3.70	60	16.22	58
83	0:07:04.10	0:07:07.90	3.80	60	15.79	57
84	0:07:05.20	0:07:08.80	3.60	60	16.67	60
85	0:07:13.50	0:07:17.10	3.60	60	16.67	60
86	0:07:18.00	0:07:21.50	3.50	60	17.14	62
87	0:07:25.90	0:07:29.60	3.70	60	16.22	58
88	0:07:26.20	0:07:29.50	3.30	60	18.18	65
89	0:07:32.80	0:07:36.40	3.60	60	16.67	60
90	0:07:35.50	0:07:39.10	3.60	60	16.67	60
91	0:07:37.30	0:07:41.00	3.70	60	16.22	58
92	0:07:44.60	0:07:47.90	3.30	60	18.18	65
93	0:07:46.90	0:07:50.50	3.60	60	16.67	60
94	0:07:50.80	0:07:54.20	3.40	60	17.65	64
95	0:07:51.40	0:07:55.00	3.60	60	16.67	60
96	0:07:54.70	0:07:58.10	3.40	60	17.65	64
97	0:08:03.10	0:08:06.70	3.60	60	16.67	60
98	0:08:05.20	0:08:08.70	3.50	60	17.14	62
99	0:08:09.40	0:08:12.70	3.30	60	18.18	65
100	0:08:11.50	0:08:14.90	3.40	60	17.65	64



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
101	0:08:17.60	0:08:21.30	3.70	60	16.22	58
102	0:08:19.50	0:08:23.00	3.50	60	17.14	62
103	0:08:20.30	0:08:24.00	3.70	60	16.22	58
104	0:08:23.80	0:08:27.10	3.30	60	18.18	65
105	0:08:27.70	0:08:31.40	3.70	60	16.22	58
106	0:08:29.80	0:08:33.20	3.40	60	17.65	64
107	0:08:31.70	0:08:35.10	3.40	60	17.65	64
108	0:08:35.50	0:08:39.00	3.50	60	17.14	62
109	0:08:37.70	0:08:41.00	3.30	60	18.18	65
110	0:08:45.80	0:08:48.90	3.10	60	19.35	70
113	0:08:48.60	0:08:52.00	3.40	60	17.65	64
114	0:08:52.40	0:08:55.90	3.50	60	17.14	62
115	0:08:56.30	0:09:00.10	3.80	60	15.79	57
116	0:09:03.60	0:09:07.20	3.60	60	16.67	60
117	0:09:08.90	0:09:12.30	3.40	60	17.65	64
118	0:09:11.10	0:09:14.70	3.60	60	16.67	60
119	0:09:15.50	0:09:18.70	3.20	60	18.75	68
120	0:09:22.80	0:09:25.90	3.10	60	19.35	70
121	0:09:26.70	0:09:30.30	3.60	60	16.67	60
123	0:09:31.30	0:09:34.90	3.60	60	16.67	60
124	0:09:34.20	0:09:37.80	3.60	60	16.67	60
125	0:09:35.40	0:09:38.90	3.50	60	17.14	62
126	0:09:45.20	0:09:48.30	3.10	60	19.35	70
127	0:09:50.70	0:09:54.00	3.30	60	18.18	65
128	0:09:51.40	0:09:54.40	3.00	60	20.00	72
129	0:10:02.50	0:10:05.70	3.20	60	18.75	68
130	0:10:03.30	0:10:07.00	3.70	60	16.22	58
130	0:10:13.70	0:10:17.10	3.40	60	17.65	64
131	0:10:16.10	0:10:19.10	3.00	60	20.00	72
132	0:10:17.20	0:10:20.30	3.10	60	19.35	70
133	0:10:24.00	0:10:27.40	3.40	60	17.65	64
134	0:10:29.80	0:10:33.30	3.50	60	17.14	62
135	0:10:33.70	0:10:38.00	4.30	60	13.95	50



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
136	0:10:45.30	0:10:48.80	3.50	60	17.14	62
137	0:10:49.10	0:10:52.50	3.40	60	17.65	64
138	0:10:55.50	0:10:59.30	3.80	60	15.79	57
139	0:11:05.60	0:11:08.70	3.10	60	19.35	70
141	0:11:09.90	0:11:13.20	3.30	60	18.18	65
142	0:11:11.70	0:11:14.90	3.20	60	18.75	68
143	0:11:16.10	0:11:19.70	3.60	60	16.67	60
144	0:11:28.20	0:11:31.80	3.60	60	16.67	60
145	0:11:34.40	0:11:37.30	2.90	60	20.69	74
146	0:11:38.50	0:11:42.00	3.50	60	17.14	62
147	0:11:46.90	0:11:50.20	3.30	60	18.18	65
148	0:11:53.00	0:11:56.10	3.10	60	19.35	70
149	0:12:05.20	0:12:08.30	3.10	60	19.35	70
150	0:12:12.10	0:12:15.40	3.30	60	18.18	65
151	0:12:17.50	0:12:20.70	3.20	60	18.75	68
152	0:12:22.80	0:12:26.20	3.40	60	17.65	64
153	0:12:24.70	0:12:28.20	3.50	60	17.14	62
154	0:12:28.10	0:12:31.80	3.70	60	16.22	58
155	0:12:31.30	0:12:34.60	3.30	60	18.18	65
156	0:12:35.40	0:12:38.70	3.30	60	18.18	65
157	0:12:39.60	0:12:43.00	3.40	60	17.65	64
158	0:12:42.50	0:12:46.50	4.00	60	15.00	54
159	0:12:48.00	0:12:51.50	3.50	60	17.14	62
160	0:13:08.20	0:13:11.40	3.20	60	18.75	68
161	0:13:13.80	0:13:17.00	3.20	60	18.75	68
162	0:13:26.90	0:13:30.50	3.60	60	16.67	60
163	0:13:29.40	0:13:32.70	3.30	60	18.18	65
164	0:13:31.50	0:13:35.30	3.80	60	15.79	57
165	0:13:39.00	0:13:42.50	3.50	60	17.14	62
166	0:13:44.10	0:13:47.30	3.20	60	18.75	68
167	0:13:46.40	0:13:49.60	3.20	60	18.75	68
168	0:13:56.60	0:14:00.00	3.40	60	17.65	64
169	0:14:58.50	0:15:01.90	3.40	60	17.65	64



Tabla 110 Datos de velocidad N°2 Hacia Cusco



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

“Análisis del nivel de servicio y diseño geométrico de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero, 2023”

Esta- ción:	V1	Sentido:	NS Hacia Cusco ▼		N°	2
			Tiempo (s)	Distancia (m)		
N°	Cruza Línea 1	Cruza Línea 2				
170	0:14:02.90	0:14:06.50	3.60	60	16.67	60
171	0:14:08.70	0:14:12.00	3.30	60	18.18	65
172	0:14:09.50	0:14:12.80	3.30	60	18.18	65
173	0:14:13.10	0:14:16.60	3.50	60	17.14	62
174	0:14:16.10	0:14:19.50	3.40	60	17.65	64
175	0:14:23.50	0:14:27.10	3.60	60	16.67	60
176	0:14:25.30	0:14:28.70	3.40	60	17.65	64
177	0:14:36.70	0:14:40.30	3.60	60	16.67	60
178	0:14:42.80	0:14:46.20	3.40	60	17.65	64
179	0:14:44.40	0:14:47.80	3.40	60	17.65	64
180	0:15:54.90	0:15:58.30	3.40	60	17.65	64
181	0:15:59.30	0:16:02.80	3.50	60	17.14	62
182	0:15:05.20	0:15:08.80	3.60	60	16.67	60
183	0:15:08.70	0:15:12.30	3.60	60	16.67	60
184	0:15:19.50	0:15:23.10	3.60	61	16.94	61
185	0:15:21.70	0:15:25.30	3.60	62	17.22	62
186	0:15:29.30	0:15:32.70	3.40	63	18.53	67
187	0:15:33.60	0:15:37.30	3.70	64	17.30	62
188	0:15:38.40	0:15:42.30	3.90	65	16.67	60
189	0:15:48.10	0:15:52.10	4.00	66	16.50	59
189	0:15:58.20	0:16:01.70	3.50	66	18.86	68

Fuente: *Elaboración propia*



3.6. Procedimientos de análisis de datos

3.6.1. Análisis de las condiciones de tránsito

Tabla 111 Flujo vehicular estación Al Cusco-Chincheró

hora	Estación	A1	Dirección	NS	HACIA CHINCHERO ▲		
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
06:00	67	65	71	89	80	81	88
06:15	77	74	68	95	67	75	90
06:30	63	74	68	69	90	83	85
06:45	103	89	87	102	85	87	104
07:00	88	90	81	130	129	136	164
07:15	108	118	117	135	151	137	169
07:30	99	110	121	132	123	141	150
07:45	106	117	127	169	125	161	161
08:00	112	112	120	132	131	201	158
08:15	109	120	107	129	120	148	137
08:30	105	129	114	155	103	141	109
08:45	102	109	99	173	118	152	139
09:00	99	104	107	118	133	111	150
09:15	87	85	102	179	143	161	86
09:30	98	97	99	105	98	92	89
09:45	82	99	93	109	108	86	98
10:00	80	80	89	98	87	83	94
10:15	94	83	90	76	87	99	102
10:30	83	90	92	89	91	88	93
10:45	81	91	84	91	89	90	103
11:00	88	95	85	97	99	98	97
11:15	83	92	100	110	103	85	91
11:30	86	80	101	105	87	101	90
11:45	78	93	95	81	85	102	97
12:00	90	89	89	99	100	101	97
12:15	79	96	95	121	123	97	94
12:30	93	99	96	99	118	104	119
12:45	118	135	106	116	90	118	97
13:00	116	110	91	112	110	132	98
13:15	117	115	106	101	117	124	107
13:30	96	109	123	112	133	124	121
13:45	124	89	114	124	107	125	118
14:00	106	126	111	87	112	101	93
14:15	98	115	80	85	92	123	110
14:30	93	120	103	112	118	92	120
14:45	115	104	96	91	101	108	113
15:00	114	91	112	111	128	110	93
15:15	100	105	105	132	123	107	124



Tabla 111 Flujo vehicular estación Al Cusco-Chincheró

hora	Estación	A1	Dirección	NS	HACIA CHINCHERO ▲		
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
15:30	100	104	93	139	131	125	139
15:45	110	145	125	185	182	169	184
16:00	125	88	145	169	164	160	198
16:15	148	153	160	183	172	174	196
16:30	119	164	136	202	172	203	195
16:45	108	114	146	181	162	189	193
17:00	163	174	161	191	203	176	177
17:15	169	185	204	158	195	231	205
17:30	183	179	185	187	155	169	192
17:45	166	174	178	160	199	200	189
18:00	185	169	188	200	212	176	208
18:15	163	184	166	191	173	210	200
18:30	176	177	189	187	189	188	186
18:45	165	177	166	168	202	186	186
19:00	162	148	145	190	184	178	162
19:15	167	174	155	163	166	177	162
19:30	156	160	168	170	172	181	163
19:45	115	127	133	119	125	117	110
20:00	116	96	108	124	105	120	110
20:15	108	104	105	113	123	94	114
20:30	116	116	115	120	111	118	108
20:45	116	115	130	104	127	116	113
21:00	116	109	114	121	116	116	112
Total	6,889	7,135	7,159	7,995	7,844	8,078	8,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 112 Flujo vehicular estación Al Chincheró-Cusco

Hora	Estación	A1	Dirección	SN	Hacia Cusco ▼		
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
06:00	75	75	77	84	60	83	69
06:15	72	71	59	76	71	88	65
06:30	62	67	78	65	80	89	60
06:45	92	93	79	84	87	103	104
07:00	89	83	85	177	185	181	101
07:15	99	117	102	155	159	217	116
07:30	115	108	135	137	174	156	160
07:45	108	116	116	202	215	186	129
08:00	113	111	120	128	144	108	190
08:15	109	129	108	127	158	150	154
08:30	92	121	110	170	159	200	138
08:45	99	113	110	169	166	147	163



Tabla 112 Flujo vehicular estación Al Chinchero-Cusco

Hora	Estación	A1	Dirección	SN	Hacia Cusco ▼		
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
09:00	91	110	102	161	132	140	138
09:15	101	100	98	144	171	123	127
09:30	85	109	83	100	100	89	90
09:45	90	92	92	94	93	93	82
10:00	94	80	77	84	84	89	100
10:15	86	96	88	105	83	94	88
10:30	87	91	85	78	79	106	98
10:45	74	93	84	90	98	91	95
11:00	75	97	99	100	97	87	79
11:15	74	94	89	101	89	112	104
11:30	88	98	102	97	94	98	93
11:45	88	84	93	86	102	90	84
12:00	81	87	87	86	84	101	88
12:15	108	118	103	116	101	107	106
12:30	84	73	109	116	110	113	90
12:45	123	103	108	120	96	101	91
13:00	85	102	111	117	116	108	105
13:15	127	112	115	114	113	95	109
13:30	124	106	96	112	129	103	105
13:45	110	95	109	123	104	124	102
14:00	107	102	99	113	104	90	91
14:15	88	107	129	106	104	126	101
14:30	87	115	117	113	118	106	93
14:45	110	104	117	97	105	118	112
15:00	117	92	94	100	95	102	95
15:15	94	92	128	107	119	114	120
15:30	85	111	127	117	144	132	128
15:45	98	134	138	176	149	186	177
16:00	124	106	121	180	163	183	193
16:15	172	127	141	174	194	165	179
16:30	114	138	113	179	214	165	214
16:45	138	116	121	188	201	174	194
17:00	160	165	195	197	191	176	181
17:15	181	163	168	208	183	202	210
17:30	176	185	187	198	188	193	181
17:45	181	179	171	186	179	175	199
18:00	163	195	177	183	192	216	204
18:15	172	165	183	204	199	191	185
18:30	163	174	192	210	228	205	176
18:45	165	180	192	182	187	173	165
19:00	180	180	187	144	172	164	161



Tabla 112 Flujo vehicular estación A1 Chinchero-Cusco

Hora	Estación A1		Dirección miércoles	SN jueves	Hacia Cusco ▼		
	lunes	martes			viernes	sábado	domingo
19:15	162	147	149	170	154	170	146
19:30	150	170	182	147	168	169	173
19:45	113	115	123	112	115	115	112
20:00	109	103	115	107	113	108	101
20:15	107	122	120	107	111	106	112
20:30	109	101	123	116	102	124	110
20:45	110	107	117	117	111	115	113
21:00	105	112	108	104	119	106	107
Total	6,840	7,051	7,243	8,060	8,155	8,141	7,756

Fuente: Elaboración propia

Estación A2

Tabla 113 Flujo vehicular estación A2 Cusco-Chinchero

Hora	Estación A2		Dirección miércoles	NS jueves	Hacia Chinchero ▲		
	lunes	martes			viernes	sábado	domingo
6:00	45	34	29	27	34	51	22
6:15	41	38	32	31	30	45	24
6:30	37	24	21	20	27	40	16
6:45	28	29	25	24	21	31	21
7:00	29	43	41	30	33	49	19
7:15	38	39	32	24	43	53	23
7:30	48	36	46	35	53	35	28
7:45	42	28	50	38	48	44	25
8:00	42	32	41	37	38	33	40
8:15	48	25	37	33	42	43	37
8:30	31	36	34	29	28	52	33
8:45	39	39	26	24	33	47	25
9:00	35	28	28	33	36	37	29
9:15	28	36	36	29	28	30	24
9:30	40	44	44	26	40	43	34
9:45	45	39	40	21	44	47	37
10:00	32	23	33	35	29	28	32
10:15	36	19	30	32	33	34	28
10:30	23	25	27	27	22	44	26
10:45	30	28	21	21	27	39	21
11:00	22	28	32	27	24	39	20
11:15	28	23	25	21	32	45	25
11:30	36	22	36	31	40	28	30
11:45	32	17	39	34	36	35	27
12:00	57	35	48	43	44	60	44
12:15	51	41	54	49	38	54	50



Tabla 113 Flujo vehicular estación A2 Cusco-Chinchoero

Hora	Estación		Dirección	NS	Hacia Chinchoero ▲		
	lunes	A2 martes			miércoles	jueves	viernes
12:30	46	26	34	32	35	47	30
12:45	36	32	43	39	29	37	41
13:00	41	39	36	28	45	45	36
13:15	37	42	39	32	41	40	39
13:30	34	27	26	20	36	35	25
13:45	27	35	32	25	29	30	32
14:00	32	52	43	38	30	57	22
14:15	39	47	34	31	37	62	27
14:30	49	43	51	45	46	39	34
14:45	45	33	55	49	40	50	30
15:00	41	39	51	43	36	24	56
15:15	46	30	47	38	39	31	50
15:30	30	44	42	34	26	38	45
15:45	37	48	33	27	33	34	37
16:00	46	31	36	47	55	40	64
16:15	36	40	47	42	44	31	51
16:30	52	50	57	38	62	44	72
16:45	56	45	51	30	68	48	80
17:00	62	55	71	58	69	47	85
17:15	70	44	64	53	77	60	77
17:30	44	61	57	47	49	74	68
17:45	55	68	44	38	62	66	54
18:00	43	81	50	42	49	61	79
18:15	54	73	40	33	61	66	99
18:30	67	65	57	46	76	42	123
18:45	60	52	63	52	67	55	112
19:00	40	45	47	35	62	53	77
19:15	36	51	52	40	56	47	84
19:30	32	31	32	26	51	41	55
19:45	27	40	41	32	41	33	70
Total	2,283	2,180	2,282	1,921	2,354	2,463	2,494

Fuente: (Vicente Vargas, Eric Xavier; Vicente Vargas, 2019)

Tabla 114 Flujo vehicular estación A2 Chinchoero-Cusco

Hora	Estación		Dirección	NS	Hacia Chinchoero ▲		
	lunes	A2 martes			miércoles	jueves	viernes
6:00	46	40	47	42	43	34	45
6:15	39	37	43	37	38	31	40
6:30	36	33	38	33	34	26	36
6:45	29	26	30	26	27	21	28



Tabla 114 Flujo vehicular estación A2 Chinchero-Cusco

Hora	Estación		Dirección		Hacia Chinchero ▲		
	lunes	A2 martes	miércoles	NS jueves	viernes	sábado	domingo
7:00	38	34	43	31	41	38	39
7:15	47	40	55	39	51	47	51
7:30	60	52	68	49	64	60	62
7:45	55	46	62	44	56	54	55
8:00	56	57	45	56	50	53	56
8:15	61	65	49	62	55	59	63
8:30	39	42	32	41	35	37	39
8:45	48	51	39	49	44	47	50
9:00	38	47	46	40	42	49	65
9:15	30	37	38	32	33	39	51
9:30	42	53	52	43	48	54	71
9:45	48	59	58	50	53	60	79
10:00	37	34	37	34	43	48	47
10:15	41	38	43	37	48	51	52
10:30	26	25	27	24	31	33	34
10:45	33	30	33	30	38	42	43
11:00	29	36	25	26	31	32	38
11:15	37	43	32	31	38	40	49
11:30	45	56	40	40	48	51	60
11:45	41	50	38	36	43	46	55
12:00	43	38	39	35	46	59	50
12:15	38	34	34	31	41	53	44
12:30	35	29	30	28	37	47	40
12:45	27	24	24	22	30	37	31
13:00	37	38	47	44	44	64	55
13:15	33	33	42	39	40	56	48
13:30	29	30	37	35	35	50	44
13:45	24	23	30	27	28	40	35
14:00	23	23	27	26	29	44	24
14:15	30	29	34	33	38	56	30
14:30	36	36	43	41	45	70	37
14:45	33	31	39	36	41	63	33
15:00	37	32	41	40	42	52	37
15:15	40	36	46	44	46	59	41
15:30	26	24	28	28	30	38	26
15:45	32	29	37	35	38	46	33
16:00	39	34	28	30	36	48	25
16:15	31	27	23	23	26	38	21
16:30	44	37	32	34	39	52	30
16:45	48	41	35	37	44	58	34
17:00	37	30	38	42	52	50	35



Tabla 114 Flujo vehicular estación A2 Chinchero-Cusco

Hora	Estación	A2	Dirección	NS	Hacia Chinchero ▲		
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
17:15	41	34	42	47	58	55	40
17:30	27	21	27	28	36	34	25
17:45	33	28	34	36	45	45	32
18:00	25	25	21	29	29	35	18
18:15	34	30	26	37	36	44	22
18:30	43	37	32	45	45	56	28
18:45	38	33	29	41	41	49	24
19:00	37	42	31	40	33	49	28
19:15	33	37	28	37	30	43	24
19:30	30	34	25	33	27	38	22
19:45	24	27	20	25	21	31	17
Total	2,088	2,037	2,069	2,040	2,242	2,611	2,241

Fuente: (Vicente Vargas, Eric Xavier; Vicente Vargas, 2019)

Resumen del flujo vehicular

Tabla 115 Resumen de la tasa de flujo crítica

Estación	Día	Sentido	Hora	Volumen
A1	sábado	Hacia Chinchero ▲	17:15	231
	viernes	Hacia Cusco ▼	18:30	228
A2	domingo	Hacia Chinchero ▲	18:30	123
	domingo	Hacia Cusco ▼	9:45	79

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Tabla 116 Volumen horario de máxima demanda

Estación	Hacia Chinchero ▲	Hacia Cusco ▼
A1	231	228
A2	123	79
Multiplicador x4		
A1	924	912
A2	492	316

Fuente: Elaboración propia

Composición de vehículos ligeros y pesados en el periodo crítico.

Tabla 117 Composición de vehículos ligeros

Estación	Día	Sentido	Hora	Auto+ wagon	Pick up + Panel	Combi	S. total
A1	sábado	Hacia Chinchero ▲	17:15	102	54	21	177
	viernes	Hacia Cusco ▼	18:30	117	43	19	179
A2	domingo	Hacia Chinchero ▲	18:30	51	8	38	97



domingo	Hacia Cusco ▼	9:45	42	5	23	70
---------	---------------	------	----	---	----	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118 Composición de vehículos pesado

Estación	Día	Sentido	Hora	Micro	2E+3E +4E	Camión	Semi Tráiler	Tráiler	S. Total
A1	sábado	Hacia Chinchero ▲	17:15	12	15	11	7	9	54
	viernes	Hacia Cusco ▼	18:30	10	18	8	6	7	49
A2	domingo	Hacia Chinchero ▲	18:30	22	3	0	1	0	26
	domingo	Hacia Cusco ▼	9:45	5	1	0	3	0	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 119 Resumen de composición vehicular crítica

Estación	Día	Sentido	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados
A1	sábado	Hacia Chinchero ▲	177	54	77%	23%
	viernes	Hacia Cusco ▼	179	49	79%	21%
A2	domingo	Hacia Chinchero ▲	97	26	79%	21%
	domingo	Hacia Cusco ▼	70	9	89%	11%

Fuente: Elaboración propia

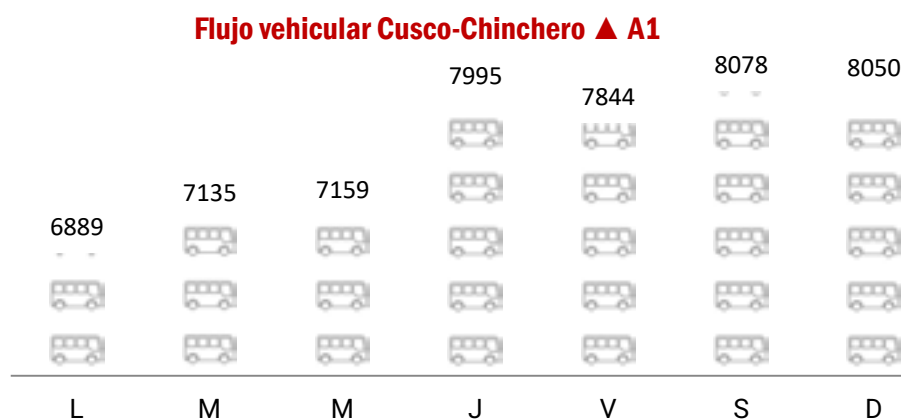
Los datos resumidos en la Tabla 119 y Tabla 116 referidos al VHMD y a la composición de vehículos ligeros como pesados se presentan a continuación

Tabla 120 Volumen de vehículos ligeros y pesados

Estación	Sentido	VHMD	Vehículo ligero	Vehículo pesado
A1	Hacia Chinchero ▲	924	708	216
	Hacia Cusco ▼	912	716	196
A2	Hacia Chinchero ▲	492	388	104
	Hacia Cusco ▼	316	280	36

Fuente: Elaboración propia

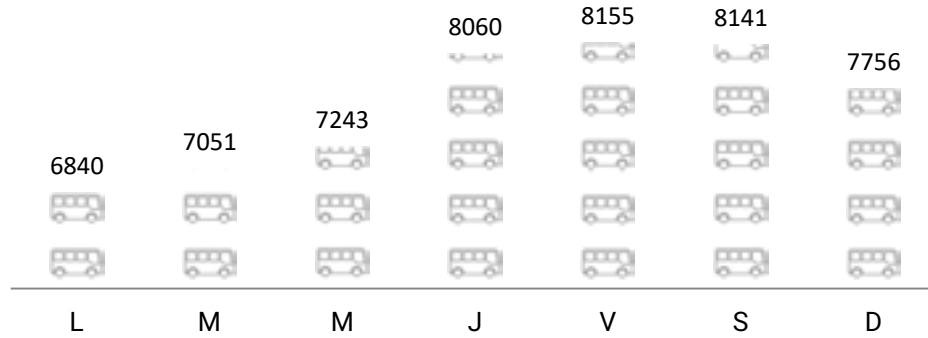
Figura 55 Variación diaria del volumen A1 Cusco-Chinchero



Fuente: Elaboración propia

Figura 56 Variación diaria del volumen A1 Chinchero-Cusco

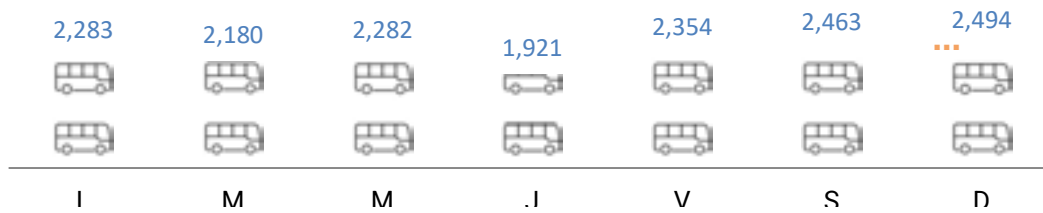
Flujo vehicular Chinchero-Cusco ▼ A1



Fuente: Elaboración propia

Figura 57 Variación diaria del volumen A2 Cusco-Chinchero

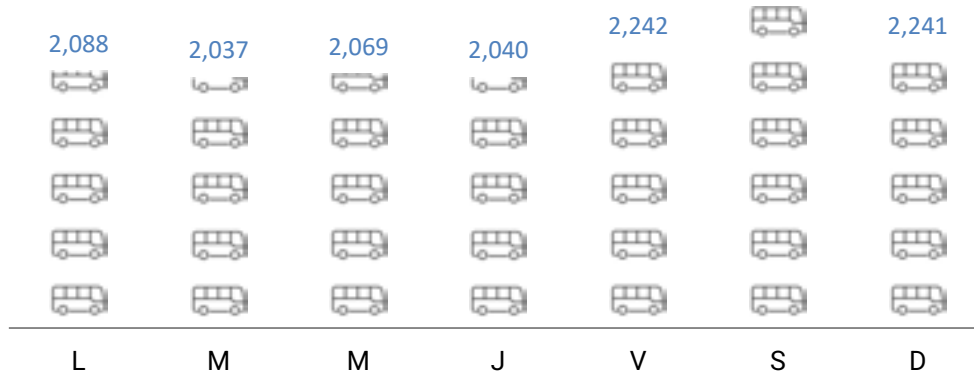
Flujo vehicular Cusco-Chinchero ▲ A2



Fuente: Elaboración propia

Figura 58 Variación diaria del volumen A2 Chinchero-Cusco

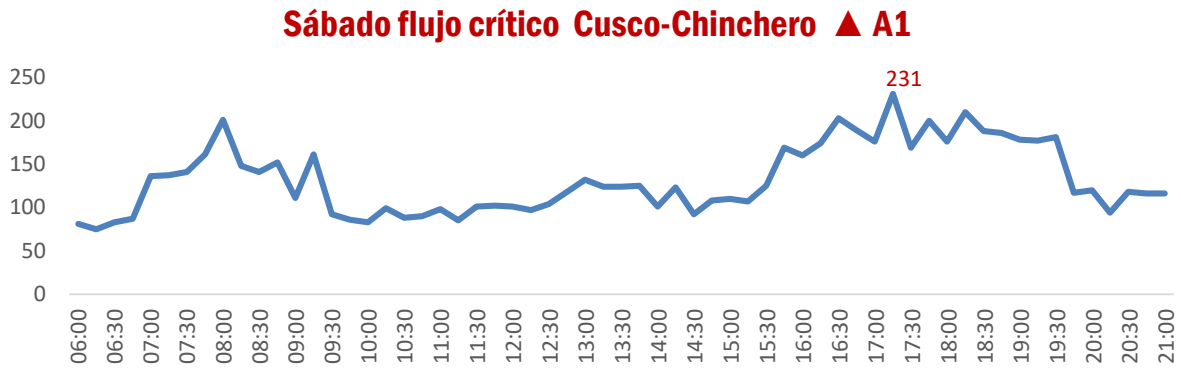
Flujo vehicular Chinchero-Cusco ▼ A2



Fuente: Elaboración propia

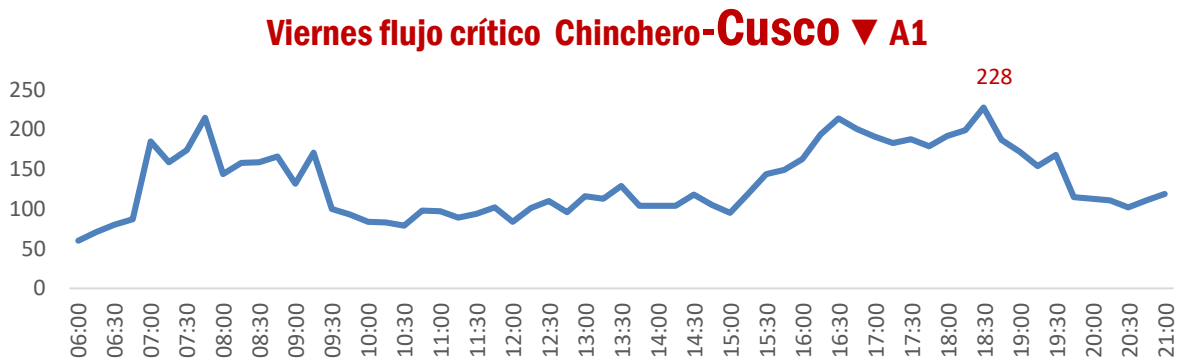


Figura 59 Flujo crítico viernes A1 Cusco-Chincherero



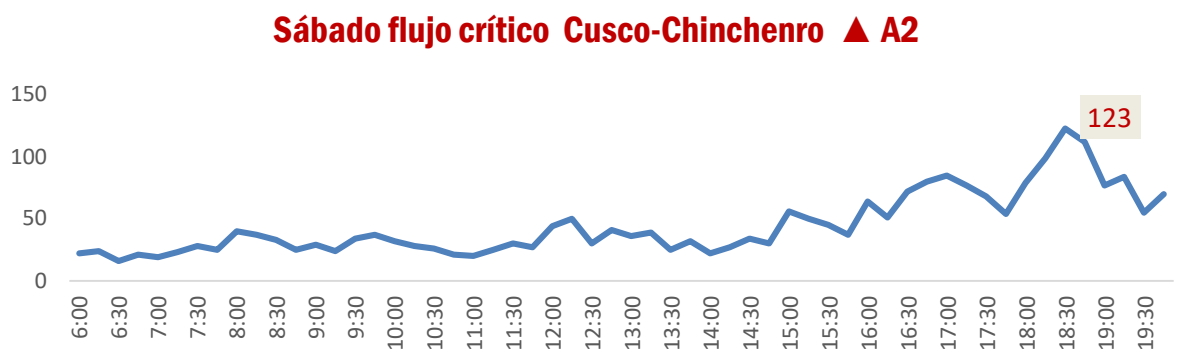
Fuente: Elaboración propia

Figura 60 Flujo crítico sábado A1 Chinchero- Cusco



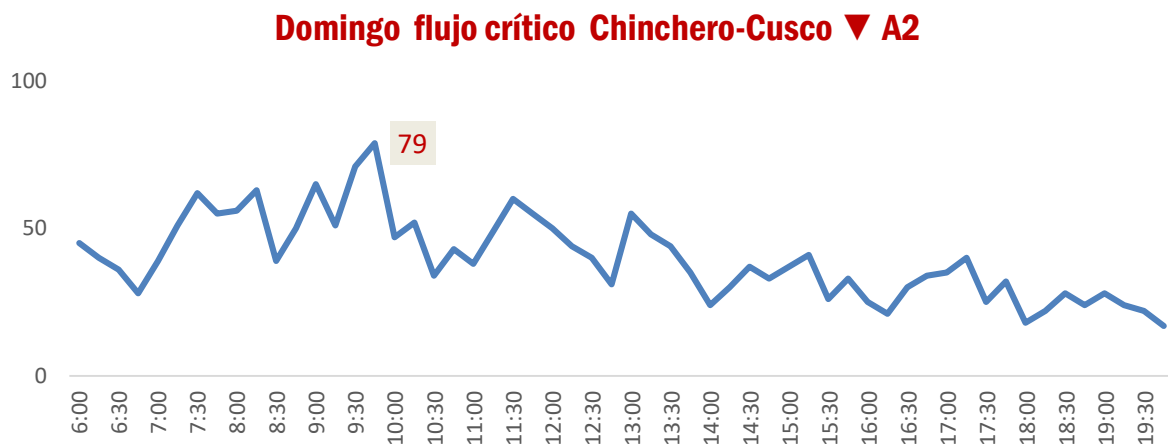
Fuente: Elaboración propia

Figura 61 Flujo crítico sábado A2 Cusco-Chincherero



Fuente: Elaboración propia

Figura 62 Flujo crítico domingo A2 Chinchero - Cusco



Fuente: Elaboración propia

Figura 63 Composición vehicular estación A1 Hacia Chinchero



Fuente: Elaboración propia

Figura 64 Composición vehicular estación A1 Hacia Cusco



Fuente: Elaboración propia

Figura 65 Composición vehicular estación A2 Hacia Chinchero



Fuente: Elaboración propia

Figura 66 Composición vehicular estación A2 Hacia Cusco



Fuente: Elaboración propia

Figura 67 Ligeros vs pesados estación A1 Hacia Chinchero



Fuente: Elaboración propia

Figura 68 Ligeros vs pesados estación A1 Hacia Cusco



Fuente: Elaboración propia

Figura 69 Ligeros vs pesados estación A2 Hacia Chinchero



Fuente: Elaboración propia

Figura 70 Ligeros vs pesados estación A2 Hacia Cusco





Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos del tramo I al V, estación A1: ▲De Cusco a Chinchero 924 veh/h

▼viceversa 912 veh/h, para el resto de tramos A2: ▲De Cusco a Chinchero 492 veh/h

▼viceversa 316 veh/h.

Cálculo del Índice medio diario anual

Estación 01

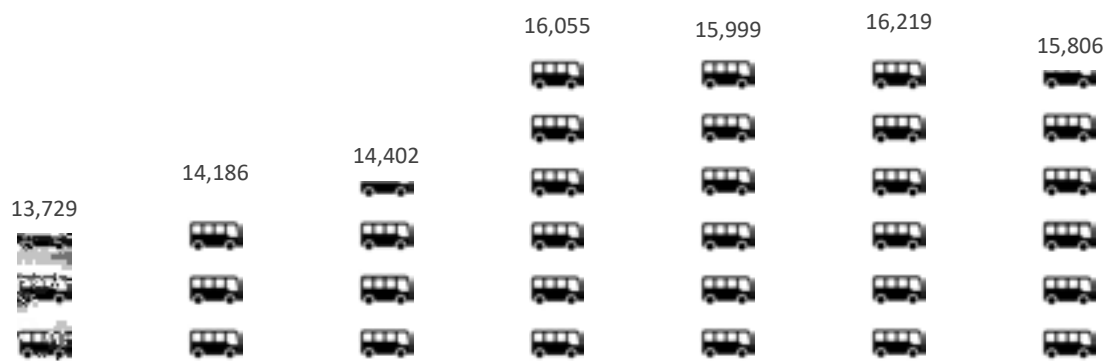
Ubicada en el Km se presenta a continuación el resumen de conteo vehicular y el cálculo del IMDA

Tabla 121 Resumen de flujo vehicular en estación 01

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
auto	2,709	2,774	2,923	3,455	3,298	3,434	3,315
wagon	2,736	2,746	2,750	3,366	3,434	3,410	3,252
pick up	2,753	2,820	2,731	3,013	3,026	3,160	3,025
panel	217	214	208	366	347	312	328
combi	1,014	933	1,038	1,063	1,011	1,053	1,012
microbus	1,341	1,307	1,282	1,314	1,346	1,314	1,312
2E (B2)	736	738	755	725	737	739	740
3E (B3)	277	270	274	284	301	301	309
4E (B4)	111	121	123	115	237	256	252
2E (C2)	163	353	401	445	358	382	382
3E (C3)	128	213	201	196	204	199	195
4E (C4)	113	136	134	128	120	117	114
2S1 (T2S1)	127	135	130	133	148	135	136
2S2 (T2S2)	115	122	138	133	133	135	130
2S3 (T23)	112	134	138	120	120	142	144
3S1 (T3S1)	114	134	140	123	150	132	137
3S2 (T3S1)	119	122	132	131	139	115	119
3S2 (T3S2)	117	129	124	136	127	111	117
3S3 (T3S3)	125	141	157	147	136	143	145
2T2 (C2R2)	118	123	126	142	130	130	121
2T3 (C2R3)	123	125	109	147	113	114	132
3T2 (C3R2)	119	135	130	122	148	130	132
3T3 (C3R3)	125	119	131	117	110	114	125
3T4 (C3R4)	117	142	127	134	126	141	132
Total	13,729	14,186	14,402	16,055	15,999	16,219	15,806

Fuente: Elaboración propia

Figura 71 Resumen de conteo vehicular estación 01



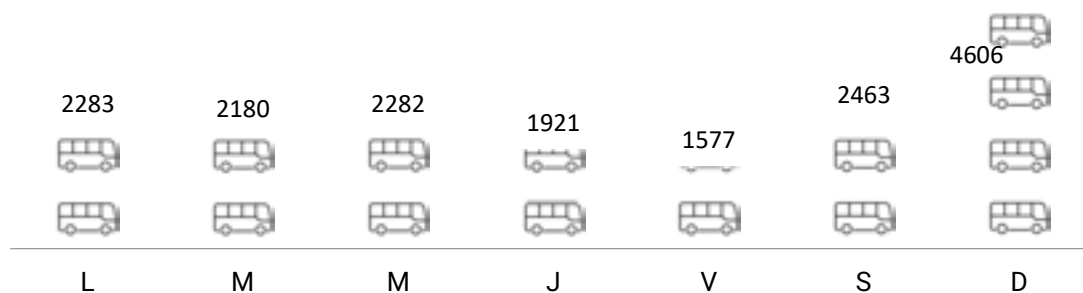
Fuente: Elaboración propia

Estación 02

Tabla 122 Resumen de flujo vehicular en el tramo PE-3S Cachimayo

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil	1184	1098	1195	1018	700	1358	2524
Camioneta	199	188	209	192	293	148	332
C.R.	619	538	541	517	375	645	1230
Micro	167	178	176	162	72	182	341
Bus Grande	20	24	7	8	0	22	31
Camión 2E	0	0	0	0	58	0	0
Camión 3E	86	126	114	0	55	90	95
TOTAL	2275	2180	2282	1921	1577	2463	4606

Figura 72 Resumen de conteo vehicular tramo Chinchero – Cachimayo



Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron los aforos contabilizados por (Vicente Vargas & Vicente Vargas, 2019) por ser



representativos, este aforo se llevó a cabo en el mes de octubre del año 2019 siendo el horario de conteo de 6:00 am a 8:00 pm el que abarca el 80% de vehículos de acuerdo con, Vargas Meza, 2018.

El punto de aforo se ubicó frente a la municipalidad de Chinchero y durante 07 días de lunes a domingo se contabilizó los vehículos en ambos sentidos, separándolos por categorías.

Cálculo del Índice medio diario anual

1. Resumen de aforo
estación 01

$veh := 1$

Índice medio diario semanal $IMS := \frac{V_i}{7} = 15199 \text{ veh}$

$datos^T = \begin{bmatrix} 13729 \\ 14186 \\ 14402 \\ 16055 \\ 15999 \\ 16219 \\ 15806 \end{bmatrix}$

$\mu := \text{mean}(datos) = 15199.43$

Desviación estándar muestral,
 $\rho := \text{Stdev}(datos) = 1049.12$

Nivel de confiabilidad 95% $k := 1.96$

Días de aforo $n := 7$
Días del año $N := 365$

$\sigma := \frac{\rho}{\sqrt{n}} \cdot \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$

Índice medio diario anual $IMDA = IMS + k \cdot \sigma$

$IMDA = 15970.19 \text{ veh/día}$



Cálculo del Índice medio diario anual

1. Resumen de aforo
estación 02

$veh := 1$

Índice medio diario semanal $IMS := \frac{V_i}{7} = 2445 \text{ veh}$

$datos^T = \begin{bmatrix} 2275 \\ 2152 \\ 2242 \\ 1897 \\ 1553 \\ 2445 \\ 4553 \end{bmatrix}$

$\mu := \text{mean}(datos) = 2445.29$

Desviación estándar muestral, $\rho := \text{Stdev}(datos) = 974.3$

Nivel de confiabilidad 95% $k := 1.96$

Días de aforo $n := 7$

Días del año $N := 365$

$\sigma := \frac{\rho}{\sqrt{n}} \cdot \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$

Índice medio diario anual $IMDA := IMS + k \cdot \sigma$
 $IMDA = 3161.09 \text{ veh/día}$

3.6.2. Análisis de tránsito proyectado

Transito futuro

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)} \quad (2)$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado veh/día

T_0 : Tránsito actual veh/día

n : Año de proyección

r : Tasa anual de crecimiento de tránsito

Tabla 123 Tránsito futuro estación A1

Horiz. Veh.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
auto	3,130	3161	3193	3225	3257	3289	3322	3355	3389	3423	3457
wagon	3,099	3130	3161	3193	3225	3257	3290	3323	3356	3389	3423



Tabla 123 Tránsito futuro estación AI

Horiz. Veh.	0 2023	1 2024	2 2025	3 2026	4 2027	5 2028	6 2029	7 2030	8 2031	9 2032	10 2033
pick up	2,933	2962	2992	3021	3052	3082	3113	3144	3176	3207	3239
panel	285	287	290	293	296	299	302	305	308	311	314
combi	1,018	1028	1038	1049	1059	1070	1080	1091	1102	1113	1124
microbus	1,317	1375	1435	1498	1564	1633	1705	1780	1858	1940	2025
2E (B2)	739	771	805	840	877	916	956	998	1042	1088	1136
3E (B3)	288	301	314	328	342	357	373	389	406	424	443
4E (B4)	174	181	189	198	206	215	225	235	245	256	267
2E (C2)	355	370	387	404	422	440	459	480	501	523	546
3E (C3)	191	199	208	217	227	237	247	258	269	281	294
4E (C4)	123	129	134	140	146	153	159	166	174	181	189
2S1 (T2S1)	135	141	147	153	160	167	175	182	190	199	207
2S2 (T2S2)	129	135	141	147	154	161	168	175	183	191	199
2S3 (T2S3)	130	136	142	148	154	161	168	176	183	192	200
3S1 (T3S1)	133	139	145	151	158	165	172	180	187	196	204
3S2 (T3S1)	125	131	137	143	149	155	162	169	177	185	193
3S2 (T3S2)	123	128	134	140	146	153	159	166	174	181	189
3S3 (T3S3)	142	148	155	162	169	176	184	192	200	209	218
2T2 (C2R2)	127	133	139	145	151	158	165	172	179	187	196
2T3 (C2R3)	123	129	134	140	146	153	160	167	174	182	190
3T2 (C3R2)	131	137	143	149	155	162	169	177	185	193	201
3T3 (C3R3)	120	125	131	137	143	149	156	162	170	177	185
3T4 (C3R4)	131	137	143	149	156	163	170	177	185	193	202
Total	17,222	17,537	17,862	18,196	18,541	18,899	19,268	19,649	20,044	20,453	20,874

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de VHMD obtenidos resumidos en la **Tabla 119**

Tabla 124 Transito futuro por el VHMD en la estación AI

	2023	2033
LIGERO		
Hacia Chinchero ▲	708	782
Hacia Cusco ▼	716	791
PESADO		
Hacia Chinchero ▲	216	332
Hacia Cusco ▼	196	301

Fuente: Elaboración propia

Tabla 125 Transito futuro por el VHMD en la estación A2

	2023	2033
LIGERO		
Hacia Chinchero ▲	388	429
Hacia Cusco ▼	280	309
PESADO		
Hacia Chinchero ▲	104	160
Hacia Cusco ▼	36	55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126 Transito futuro por el VHMD

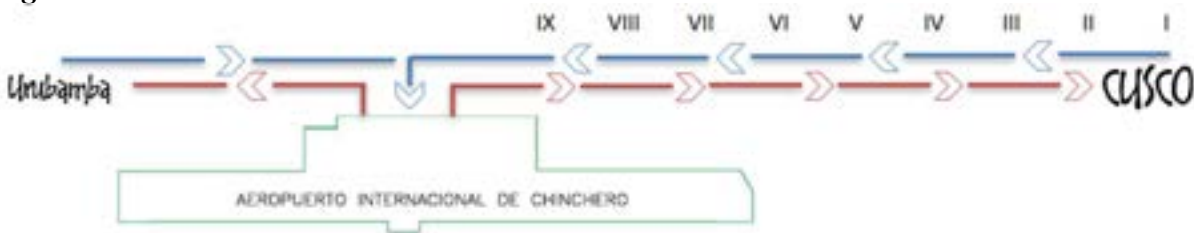
Estación	Hacia Chinchero ▲		Hacia Cusco ▼	
	ligero	pesado	ligero	pesado
A1	782	332	791	301
A2	429	160	309	55

Fuente: Elaboración propia

Tránsito generado por el aeropuerto Alejandro Velasco Astete

Se utilizaron los datos recabados en el ingreso del aeropuerto Alejandro Velasco Astete por Matamoros Y. & Zapata J., 2014 recolectados del miércoles 05 al martes 11 de junio del 2013 desde las 6:00 – 18:00

Figura 73 Distribución de vehículos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 127 Resumen de conteo AAVA

Día	Vehículos ligeros					Vehículos pesados				Sub total semanal
	Auto	menores	Pick Up	Panel	Combi	Micro bús	Camiones	Otros		
miércoles 05/06/2013	1,753	587	354	20	517	96	27	29	3,383	
jueves 06/06/2013	1,949	502	426	16	557	105	46	46	3,647	
viernes 07/06/2013	1,627	616	330	17	589	62	14	28	3,283	
sabado 08/06/2013	1,949	460	312	42	570	119	18	25	3,495	



Tabla 127 Resumen de conteo AAVA

Día		Vehículos ligeros					Vehículos pesados			Sub total semanal
		Auto	menores	Pick Up	Panel	Combi	Micro bús	Camiones	Otros	
domingo	09/06/2013	1,773	673	242	47	421	124	12	19	3,311
lunes	10/06/2013	2,106	465	320	40	474	120	8	25	3,558
martes	11/06/2013	1,890	716	365	29	460	107	25	52	3,644
Sub total por vehículo		13,047	4,019	2,349	211	3,588	733	150	224	24,321
IMDA		1,864	574	336	30	513	105	21	32	3,474
Transito generado		373	115	67	6	103	21	4	6	695
IMDA AL INICIO		2,237	689	403	36	616	126	25	38	4,169

Fuente: Matamoros Y. & Zapata J., 2014

Tabla 128 IMDA proyectado

n	AÑO	Auto	Menor	Pick Up	Panel	Combi	Micro bús	Camiones	Otros	TOTAL
0	2014	2,236	689	403	36	616	126	25	38	4,169
1	2015	2,460	758	443	40	677	138	28	42	4,585
2	2016	2,706	834	487	44	745	152	31	46	5,044
3	2017	2,976	917	536	48	819	167	34	51	5,548
4	2018	3,274	1,009	589	53	901	184	37	56	6,103
5	2019	3,601	1,110	648	58	991	202	41	61	6,714
6	2020	3,961	1,221	713	64	1,091	223	45	67	7,385
7	2021	4,357	1,343	784	70	1,200	245	50	74	8,123
8	2022	4,793	1,477	863	77	1,320	269	55	81	8,936
9	2023	5,272	1,625	949	85	1,451	296	60	90	9,829
10	2024	5,800	1,787	1,044	94	1,597	326	66	99	10,812
11	2025	6,380	1,966	1,149	103	1,756	359	73	108	11,893
12	2026	7,018	2,163	1,263	113	1,932	395	80	119	13,083
13	2027	7,719	2,379	1,390	125	2,125	434	88	131	14,391
14	2028	8,491	2,617	1,529	137	2,338	477	97	144	15,830
15	2029	9,340	2,879	1,682	151	2,571	525	106	159	17,413
16	2030	10,274	3,167	1,850	166	2,829	578	117	175	19,154
17	2031	11,302	3,483	2,035	183	3,111	635	129	192	21,070
18	2032	12,432	3,832	2,238	201	3,423	699	141	211	23,177

Fuente: Matamoros Y. & Zapata J., 2014

El IMDA proyectado por Matamoros cometió el error de utilizar un índice de crecimiento de 10%



Tabla 129 Demanda horaria de tráfico generado por el AICC 2023

Hora	taxi		auto		micro		bus discrecional		bus regular		Sub total		Total
	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	97	42	43	9	27	5	6	3	4	4	177	63	240
6	142	142	135	90	82	55	17	11	4	4	380	302	682
7	85	95	110	106	67	65	14	13	4	4	280	283	563
8	124	124	52	101	32	62	7	13	4	4	219	304	523
9	44	58	69	53	42	33	9	7	4	4	168	155	323
10	74	69	42	67	26	41	5	8	4	4	151	189	340
11	55	31	58	43	35	26	7	5	4	4	159	109	268
12	43	43	51	49	31	30	6	6	4	4	135	132	267
13	44	44	61	50	37	31	8	6	4	4	154	135	289
14	42	57	55	69	34	42	7	9	4	4	142	181	323
15	55	49	60	47	36	28	8	6	4	4	163	134	297
16	112	100	51	59	31	36	6	7	4	4	204	206	410
17	95	95	74	68	45	41	9	9	4	4	227	217	444
18	51	51	66	65	40	39	8	8	4	4	169	167	336
19	77	87	84	77	51	47	11	10	4	4	227	225	452
20	96	96	24	66	15	40	3	8	4	4	142	214	356
21	0	27	0	16	0	10	0	2	4	4	4	59	63
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	6 ^{1,23}	1,210	1,035	1,035	631	631	131	131	68	68	3,101	3,075	6,176

Fuente: (ALG Transportation Infrastructure & logistics, 2013)

Tabla 130 Demanda horaria de tráfico generado por el AICC 2023

Hora	taxi		auto		micro		bus discrecional		bus regular		Sub total		Total
	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	115	42	55	18	34	12	7	3	4	4	215	79	294
6	206	206	193	111	117	67	24	14	4	4	544	402	946
7	108	128	129	148	78	90	16	19	4	4	335	389	724
8	134	134	108	120	66	73	14	15	4	4	326	346	672



Tabla 130 Demanda horaria de tráfico generado por el AICC 2033

Hora	taxi		auto		micro		bus discrecional		bus regular		Sub total		Total
	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	entradas	salidas	
9	114	114	72	107	44	65	9	13	4	4	243	303	546
10	74	74	46	70	28	43	6	9	4	4	158	200	358
11	79	59	85	58	52	35	11	7	4	4	231	163	394
12	81	82	103	77	63	47	13	10	4	4	264	220	484
13	91	90	76	91	46	55	10	11	4	4	227	251	478
14	54	62	54	84	33	51	7	11	4	4	152	212	364
15	73	60	74	57	45	35	9	7	4	4	205	163	368
16	107	91	71	79	43	48	9	10	4	4	234	232	466
17	112	112	94	74	57	45	12	9	4	4	279	244	523
18	63	63	75	84	46	51	9	11	4	4	197	213	410
19	68	88	91	84	55	51	11	11	4	4	229	238	467
20	105	105	37	74	23	45	5	9	4	4	174	237	411
21	29	45	0	27	0	17	0	3	4	4	33	96	129
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1,613	1,555	1,363	1,363	830	830	172	172	68	68	4,046	3,988	8,034

Fuente: (ALG Transportation Infrastructure & logistics, 2013)

Tabla 131 Distribución del tráfico del AICC por destino

Horizonte	AICC-Cusco	AICC-Chinchoero
2023	70%	30%
2033	60%	40%
2063	50%	50%

Fuente: (ALG Transportation Infrastructure & logistics, 2013)

Tabla 132 Distribución del tráfico en el eje viario Cusco-Chinchoero en el horizonte 2023

Hora	Hacia Cusco	Hacia Chinchoero
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	216	24
6	614	68
7	507	56
8	471	52
9	291	32
10	306	34
11	241	27
12	240	27



Tabla 132 Distribución del tráfico en el eje viario Cusco-Chincho en el horizonte 2023

Hora	Hacia Cusco	Hacia Chincho
13	260	29
14	291	32
15	267	30
16	369	41
17	400	44
18	302	34
19	407	45
20	320	36
21	57	6
22	0	0
23	0	0

Fuente: (ALG Transportation Infrastructure & logistics, 2013)

Tabla 133 Distribución del tráfico en el eje viario Cusco-Urubamba en el horizonte 2033

Hora	Hacia Cusco	Hacia Urubamba
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	235	59
6	757	189
7	579	145
8	538	134
9	437	109
10	286	72
11	315	79
12	387	97
13	382	96
14	291	73
15	294	74
16	373	93
17	418	105
18	328	82
19	374	93
20	329	82
21	103	26
22	0	0
23	0	0

Fuente: (ALG Transportation Infrastructure & logistics, 2013)

Se produjo el máximo volumen a las 6:00 horas



Tabla 134 Composición de vehículos generados 2023

Clase	Vehículo	Entrada	Salidas
Vehículo ligero	taxi		142
	auto		135
	micro		82
	Subtotal		359
Vehículo pesado	bus direccional		17
	bus regular		4
	Subtotal		21
	Total		380
			302

Fuente: Elaboración propia

Tabla 135 Composición de vehículos generados 2023

Clase	Vehículo	Entrada	Salidas
Vehículo ligero	taxi	206	206
	auto	193	111
	micro	117	67
	Sub total	516	384
Vehículo pesado	bus direccional	24	14
	bus regular	4	4
	Sub total	28	18
	Total	544	402

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a distribuir la composición vehicular según la Tabla 131 Distribución del tráfico del AICC por destino Tabla 131

Tabla 136 Distribución de viajes en el año 2023

	Entrada	Hacia Cusco		Total
		Salida		
Vehículo ligero	323	258		581
Vehículo pesado	19	14		33
Total	342	272		614
Hacia Chinchero				
	Entrada	Salida		Total
Vehículo ligero	36	29		65
Vehículo pesado	2	1		3
Total	38	30		68

Fuente: Elaboración propia



Tabla 137 Distribución de viajes en el año 2033

	Hacia Cusco		Total
	Entrada	Salida	
Vehículo ligero	413	307	720
Vehículo pesado	22	14	36
Total	435	321	756

	Hacia Chinchero		Total
	Entrada	Salida	
Vehículo ligero	103	77	180
Vehículo pesado	6	4	10
Total	109	81	190

Fuente: Elaboración propia

Tabla 138 Transito generado en el año 2023, hacia Cusco

Sectores	Vehículo ligero	Vehículo pesado
Los 9 (todos)	258	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 139 Transito generado en el año 2033, hacia Cusco

Sector	Vehículo ligero	Vehículo pesado
Los 9 (todos)	307	14

Fuente: Elaboración propia

Tránsito proyectado

La sumatoria del tránsito futuro y el generado

Tabla 140 Transito proyectado Hacia Cusco 2023

Tramo	Hacia Chinchero ▲		Hacia Cusco ▼	
	ligero	pesado	ligero	pesado
I	966	230	974	210
II	966	230	974	210
III	966	230	974	210
IV	966	230	974	210
V	966	230	974	210
VI	646	118	538	50
VII	646	118	538	50
VIII	646	118	538	50
IX	646	118	538	50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 141 *Transito proyectado Hacia Cusco 2033*

Sector	Hacia Chinchero ▲		Hacia Cusco ▼	
	ligero	pesado	ligero	pesado
I	1040	346	1049	315
II	1040	346	1049	315
III	1040	346	1049	315
IV	1040	346	1049	315
V	1040	346	1049	315
VI	687	174	567	69
VII	687	174	567	69
VIII	687	174	567	69
IX	687	174	567	69

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Velocidad de flujo libre (FFS)

Se agruparon los datos según el intervalo de clase.

Tabla 142 *Número de intervalos de clase por tamaño de muestra*

Tamaño de muestra	Número de intervalos
n	m
50 – 100	7 a 8
100 – 1000	10 a 11
1000 – 10,000	14 a 15
10,000 – 100,000	17 a 18
< 100,000	$1+3.33 \log_{10}n$

Fuente: (Cal y Mayor, Rafael; Cárdenas, 1994)

Sentido SN Cusco-Chinchero

Tabla 143 *Distribución de frecuencia sentido Cusco-Chinchero*

Intervalo de clase	Medio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
36-39	37.5	3	1.5	1.5	1.5
40-43	41.5	2	1.0	1.0	2.5
44-47	45.5	21	10.3	10.3	12.7
48-51	49.5	23	11.3	11.3	24.0
52-55	53.5	36	17.6	17.6	41.7
56-59	57.5	46	22.5	22.5	64.2
60-63	61.5	33	16.2	16.2	80.4
64-67	65.5	29	14.2	14.2	94.6
68-71	69.5	10	4.9	4.9	99.5



Tabla 143 Distribución de frecuencia sentido Cusco-Chincheru

Intervalo de clase	Medio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
72-75	73.5	1	.5	.5	100.0
Total		204	100.0	100.0	

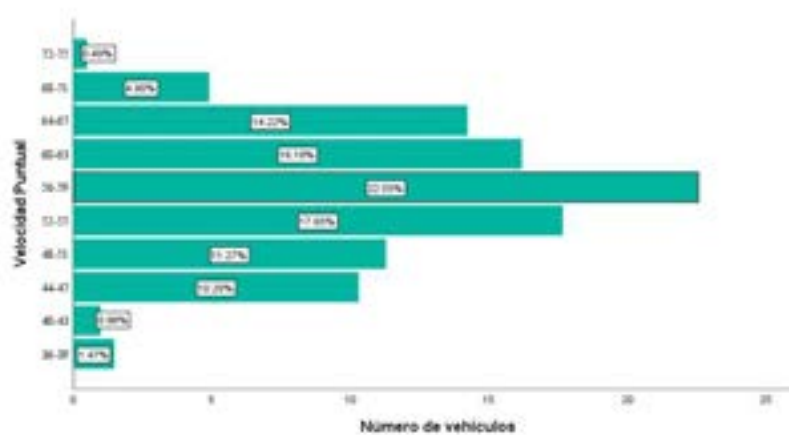
Fuente: Tabla 109

Tabla 144 Estadísticos descriptivos - dispersión de velocidades sentido Cusco - Chincheru

Número de datos	204
Error estándar de la media	0.49
Desv. Desviación	7.11
Varianza	50.57
Percentiles	15
	48.0

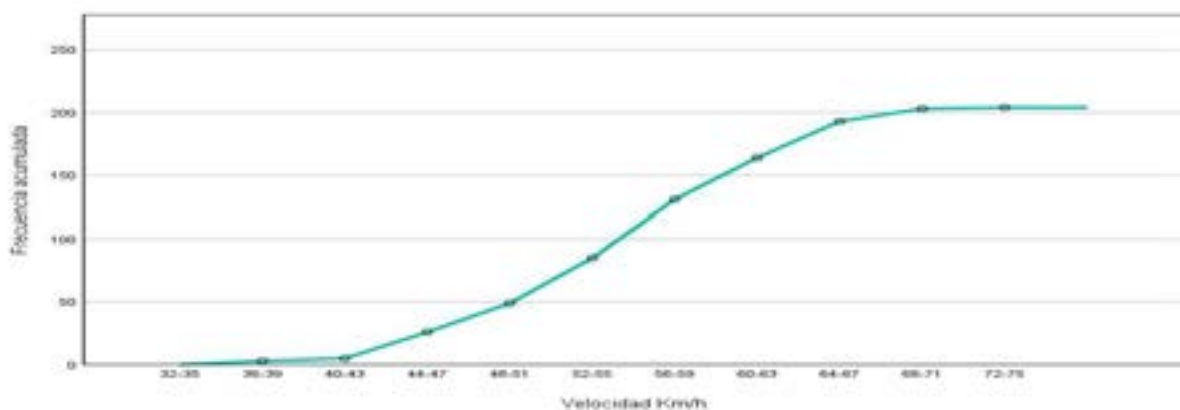
Fuente: Tabla 143

Figura 74 Frecuencia de velocidad sentido Cusco - Chincheru



Fuente: Elaboración propia

Figura 75 Curva de Frecuencia acumuladas de velocidad sentido Cusco - Chincheru



Fuente: Elaboración propia



Sentido Chinchero-Cusco

Tabla 145 Distribución de frecuencia sentido Chinchero – Cusco

Intervalos de clase	Medio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
51-53	52	1	.5	.5	.5
54-56	55	1	.5	.5	1.1
57-59	58	17	8.3	9.1	10.2
60-62	61	64	31.4	34.2	44.4
63-65	64	37	18.1	19.8	64.2
66-68	67	43	21.1	23.0	87.2
69-71	70	16	7.8	8.6	95.7
72-74	73	4	2.0	2.1	97.9
75-77	76	4	2.0	2.1	100.0
Total		187	91.7	100.0	
Total		204	100.0		

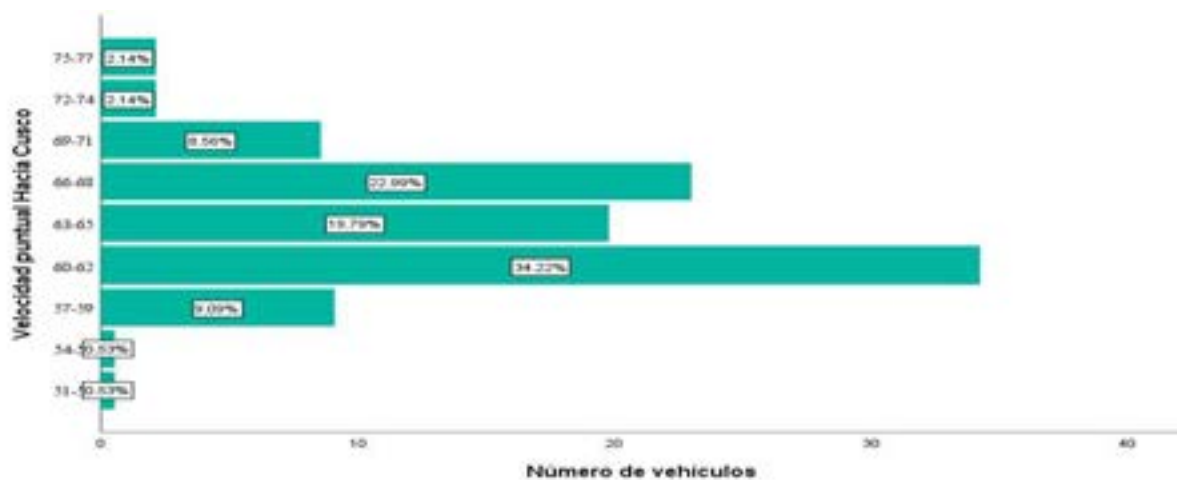
Fuente: Tabla 110

Tabla 146 Estadísticos descriptivos - dispersión de velocidades sentido Cusco – Chinchero

Número de datos	187
Media	63.48
Error estándar de la media	0.30
Desv. Desviación	4.11
Varianza	16.90
Rango	25.15
Mínimo	50.23
Máximo	75.23
Percentiles	15
	60.00

Fuente: Tabla 145

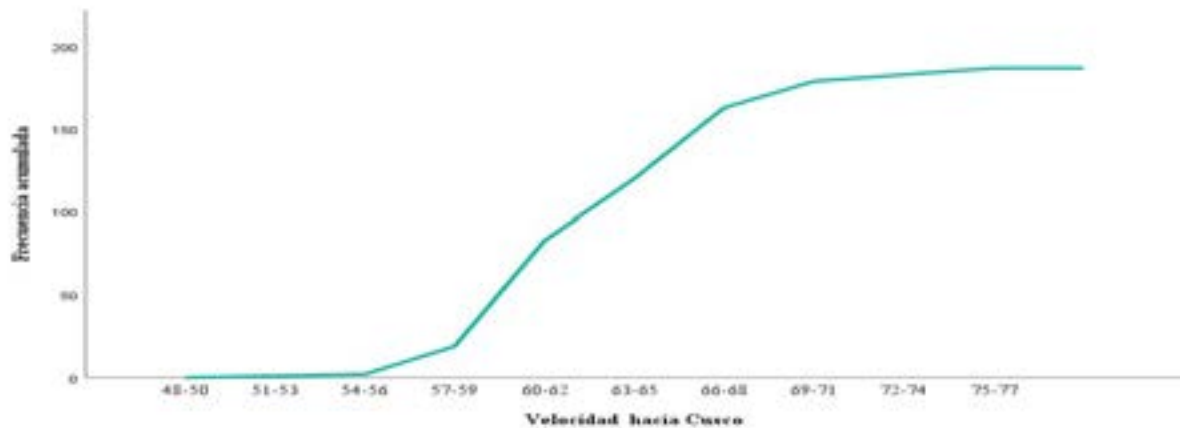
Figura 76 Frecuencia de velocidad sentido Chinchero - Cusco



Fuente: Elaboración propia



Figura 77 Curva de Frecuencia acumuladas de velocidad sentido Chinchero - Cusco



Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la velocidad a flujo libre (FFS)

$$FFS = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i)}{n} \quad (39)$$

Hacia Chinchero

$$FFS = \frac{11,558}{204} \cong 56.66 \text{ Km/h}$$

Hacia Cusco

$$FFS = \frac{11,962}{187} \cong 63.97 \text{ Km/h}$$

Tabla 147 Resumen estadístico de velocidades

	Hacia Chinchero ▲	Hacia Cusco ▼
Número de datos	204	187
Media	56.1657	63.4805
Error estándar de la media	0.49786	0.30063
Desv. Desviación	7.11089	4.111
Varianza	50.565	16.900
Rango	36.60	25.15
Mínimo	35.40	50.23
Máximo	72.00	75.38
Percentiles	15	48.00

Fuente: Elaboración propia



Confiabilidad de los datos

Tabla 148 Constante correspondiente al nivel de confiabilidad

Constante K	Nivel de confiabilidad
1.00	68.3
1.50	89.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

Fuente: (Cal y Mayor, Rafael; Cárdenas, 1994)

Para una confiabilidad del 99% se tiene:

Hacia Chinchero $56.17 \pm 1.28 \cong X_1$

Hacia Cusco $63.48 \pm 0.77 \cong X_2$



3.6.4. Nivel de servicio

Estado actual, 2023

Tabla 149 *Transito proyectado Hacia Cusco 2023*

Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clasificación de carretera según	I	I	I	I	II	II	II	II	II
Tipo de Terreno	Accidentado	Ondulado	Ondulado	Ondulado	Accidentado	Ondulado	Ondulado	Ondulado	Plano
Longitud del Tramo (millas)	1+702.25	2+283.20	2+262.62	2+430.73	2+174.04	2+173.91	2+173.91	2+189.44	1+388.91
Pendiente del tramo (%)	7.6%	6.1%	5.2%	5.9%	6.5%	5.7%	5.5%	4.3%	2.6%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	10.58	0	3.56	1.02	2.57	5.14	5.14	3.4	5.37
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%	1000%	0%	100%	93%	51%	51%	56.59%	10.56%
Número de carriles	4	2	4	2	2	2	2	2	2
Ancho de carril (ft)	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Ancho de berma (ft)	0.00	1.97	0.00	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
volumen en el sentido de análisis	1196	1196	1196	1196	1196	764	764	764	764
volumen en el sentido opuesto	1184	1204	1204	1204	1204	588	588	588	588
Factor de Hora Punta (PHF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
División direccional	70/30	70/30	70/30	70/30	70/30	70/30	70/30	70/30	70/30
% veh pesados	19%	19%	19%	19%	19%	15%	15%	15%	15%
% veh recreacionales	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
FFS, medido en campo	35.19	35.19	35.19	35.19	35.19	57.33	57.33	57.33	57.33
FFS, opuesto	39.73	39.73	39.73	39.73	39.73	51.34	51.34	51.34	51.34

Fuente: Elaboración propia



Tramos multicarril

Paso 02. Cálculo de la velocidad de flujo libre

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A \quad (21)$$

Donde:

FFS : Velocidad a flujo libre del tramo analizado (mi/h)

BFFS : Velocidad a flujo libre base para la vía multicarril

f_{LW} : Ajuste por ancho de carril

f_{LC} : Ajuste por distancia de los obstáculos laterales

f_M : Ajuste de tipo de mediana

f_A : Ajuste de densidad de punto de acceso

Factor de ajuste por ancho de carril (f_{LW})

Cuando el carril es menor a 12ft, afecta a la velocidad que se desarrolla se calculó mediante la Tabla 30

Factor de ajuste por distancia de los obstáculos laterales (f_{LC})

Este factor de ajuste se basa en los obstáculos laterales existentes hacia el lado derecho del sentido del flujo y de la mediana al lado izquierdo.

$$TLC = LC_R + LC_L \quad (22)$$

Donde:

TLC : Distancia a los obstáculos laterales total (máx. 12ft)

LC_R : Distancia a los obstáculos laterales de la derecha (máx. 6ft)

LC_L : Distancia a los obstáculos laterales de la izquierda (máx. 6ft)

En el tramo I se tiene obstáculos como ambulantes con sus coches de comida, luego frente al hogar de menores una baranda sobre el bordillo.

Lo mismo sucede en el tramo III ambulantes a la altura del mercado de Tica Tica.

No especifica si los vehículos estacionados de forma permanente pueden ser considerados como

obstáculos, debido a que en todo el trayecto se observa taller de mecánica que obstaculizan el tránsito.

Todos los obstáculos encontrados son ajustados por la **Tabla 31**

Factor de ajuste de tipo de mediana (f_M)

Según la normativa vigente se debe utilizar un separador central en las carreteras multicarril, sin embargo, no es el caso de vía en su tercer Sector.

Cuando no exista mediana se reduce 1.6 mi/h en los demás casos no.

Factor de ajuste por densidad de punto de acceso (f_A)

Según los estudios realizados por TRB los puntos de acceso disminuye en 0.25 mi/h la velocidad, este factor se determina con la **Tabla 32**

En la siguiente figura se puede evidenciar los 39 puntos de acceso en el Sector I

Figura 78 Puntos de acceso en el sector I



Fuente: Elaboración propia



Cálculo de la velocidad media.

Tabla 150 Cálculo de la velocidad media FFS

Factores de ajuste	I	III
BFFS, medido en campo	35.19	35.19
BFFS, opuesto	39.73	39.73
f_{LW} : Ajuste por ancho de carril	1.9	1.9
f_{LC} : Ajuste por distancia de los obstáculos laterales	1.3	1.3
f_M : Ajuste de tipo de mediana	0	1.6
f_A : Ajuste de densidad de punto de acceso	5.5	1.5
FFS	26.49	26.49
FFS	31.03	31.03

Fuente: Elaboración propia

Paso 03. Seleccionar la curva de velocidad a flujo libre

Se seleccionó de la **Figura 19** la relación de velocidad – flujo, se consideró 45mi/h por ser la velocidad mínima.

Paso 04. Determinar el número de carriles

Para determinar el número de carriles se utilizó la ecuación

$$N = \frac{V}{MSF_i * PHF * f_{hv} * f_p} \quad (29)$$

MSF_i : Máximo flujo de servicio

N : Número de carriles (one way)

f_{hv} : Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

f_p : Factor de ajuste por población atípica de conductores

Se calculó el máximo flujo de servicio mediante la **Tabla 34**, tendiendo para el primer y tercer tramo un FFS 45 mi/h, por otro lado. Se resume a continuación el volumen vehicular.

Tabla 151 Valores para determinar el máximo flujo de servicio

Sector	1	3
volumen en el sentido de análisis	1196	1196
volumen en el sentido opuesto	1184	1204
FFS, sent. Anál. (mi/h)	45	45
FFS, opuesto (mi/h)	45	45



Tabla 151 Valores para determinar el máximo flujo de servicio

Sector	1	3
--------	---	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Máximo flujo de servicio bajo condiciones base

FFS mi/h	Nivel de servicio deseado				
	A	B	C	D	E
45	290	810	1170	1550	1900

Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio actual par ambos tramos es C

Factor de ajuste por vehículos pesados y recreacionales

Se determinó el factor de equivalencia para vehículos pesados E_T y vehículos recreacionales E_R y luego el factor de ajuste f_{HV} con la ecuación (30)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados

P_T : Porcentaje de vehículos pesados (decimal)

P_R : Porcentaje de vehículos recreativos (decimal)

E_T : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados

E_R : Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos Recreativos

Los factores de equivalencia (E_T & E_R) se relaciona con la cantidad de vehículo ligeros desplazados del flujo por un vehículo pesado o recreativo. En los tramos seleccionados se tiene referente al sentido de análisis una pendiente de ascenso utilizando la **Tabla 36** y **Tabla 37** y para el sentido opuesto en descenso la **Tabla 35**.

Tabla 152 Cálculo de los factores de ajuste

Sector	Tipo de terreno	Pendiente	Longitud	% Veh pesados	% Veh recrea	$E_T \blacktriangle$	$E_R \blacktriangle$	$E_T \blacktriangledown$	$E_R \blacktriangledown$
I	Montañoso	7.6%	1+702.25	19%	3%	4	5.25	4.5	4
III	Ondulado	5.2%	2+262.62	19%	3%	3.5	5.25	2.5	2



Tabla 152 Cálculo de los factores de ajuste

Tipo de									
Sector	terreno	Pendiente	Longitud	% Veh pesados	% Veh recrea	$E_T \blacktriangle$	$E_R \blacktriangle$	$E_T \blacktriangledown$	$E_R \blacktriangledown$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 153 Cálculo del $E_R \blacktriangle$ ascenso

Tramo	Pendiente	Longitud	% de volquete y buses		A calcular
			15%	20%	19.0%
III	>5-6	>1.00	3.5	3.5	3.5
I	>6	>1.00	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 154 Cálculo del $E_R \blacktriangle$ ascenso

Tramo	Pendiente	Longitud	% de recreacionales		A calcular
			2%	4%	3.0%
Ambos	>5-6	>0.50	6	4.5	5.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 155 Cálculo del f_{HV}

Sector	$f_{HV} \blacktriangle$	$f_{HV} \blacktriangledown$
I	0.59	0.57
III	0.62	0.76

Fuente: Elaboración propia

Factor de ajuste de población conductora f_p

Este parámetro depende de la familiaridad que poseen los conductores en la vía varían de 0.85-1.00. Se consideró 0.90, debido a que varios conductores se confunden el cruce de Av. Antonio Lorena y Av. Grau.

$$f_p = 0.9$$

Determinación del número de carriles, N



Tabla 156 Cálculo del Número de carriles

Sector	I	III
Tipo de terreno	Montañoso	Ondulado
Pendiente	7.6%	5.2%
Longitud	1+702.25	2+262.62
% Veh pesados	19%	19%
% Veh recrea	3%	3%
$E_T \blacktriangle$	4	3.5
$E_R \blacktriangle$	5.25	5.25
$E_T \blacktriangledown$	4.5	2.5
$E_R \blacktriangledown$	4	2
f_p	0.9	0.9
$f_{HV} \blacktriangle$	0.59	0.62
$f_{HV} \blacktriangledown$	0.57	0.76
FFS	26.49	26.49
MFS	1,300	1,300
N_{\blacktriangle}	2.0	2.0
N_{\blacktriangledown}	2.0	2.0

Fuente: Elaboración propia

Paso 05. Estimación del volumen de demanda

Sustituyendo los valores en la ecuación (28)

$$v_p = \frac{V}{PHF * N * f_{hv} * f_p} \quad (40)$$

v_p : Volumen de demanda ajustado a las condiciones ideales (veh/h)

V : Volumen horario de máxima demanda (veh/h)

Tabla 157 Cálculo de los volúmenes de demanda ajusto

Sector	I	III
$v_p \blacktriangle$	317.05	335.85
$v_p \blacktriangledown$	200.73	267.90

Fuente: Elaboración propia

Paso 06. Determinación de la densidad y nivel de servicio

Utilizando la ecuación (31)

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (31)$$

D : Densidad (veh/mi)



v_p : Volumen vehicular ajustado a las condiciones (veh/h)

S: Media de la velocidad en el tránsito o velocidad a flujo libre (mi/h)

Tabla 158 Cálculo de la densidad

Sector	I	III
S	26.5	26.5
D▲	11.96	12.67
D▼	7.57	10.71

Fuente: Elaboración propia

El Nivel de servicio se determina mediante la **Tabla 40**

Tabla 40 Nivel de servicio en vías multicarril

Nivel de servicio	FFS (mi/h)	Densidad (veh/mi)
A	Todos	> 0 - 11
B	Todos	> 11 - 18
C	Todos	> 18 - 26
D	Todos	> 26 - 35
E	60	> 35 - 40
	55	> 35 - 41
	50	> 35 - 43
	45	> 35 - 45
	La demanda excede la oferta	
F	60	> 40
	55	> 41
	50	> 43
	45	> 45

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 159 Cálculo de la densidad

Sector	I	III
Nivel de servicio	B	B

Fuente: Elaboración propia

Tramos de Doble carril

a) Paso 01 Ingreso de datos

Los datos son los de la Tabla 149

Paso 02 Determinación de la velocidad a flujo libre (FFS)

Estos fueron para los tramos II, IV y V en dirección del análisis 35.15 mi/h y en sentido opuesto



de 39.73 mi/h, mientras que para los tramos siguientes fueron de 57.33 mi/h y 51.34mi/h

Paso 03 Ajuste del volumen de demanda para determinar la velocidad promedio de viaje (ATS)

Se ajustó el volumen de vehículos ligeros, debido a los vehículos pesados

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS}} \quad (10)$$

$v_{i,ATS}$: Volumen de demanda ajustado para ATS (veh/h)

i : (d) dirección de análisis & (o) dirección opuesta

PHF : Factor de hora punta (pico)

V_i : Volumen horario de máxima demanda para la dirección analizada (veh/h)

$f_{g,ATS}$: Factor de ajuste por pendiente

En la tasa de demanda crítica el factor de hora punta PHF=1

Determinación del factor de ajuste por pendiente

Para ascensos ▲ se utilizó la **Tabla 16** y la **Tabla 15** para descensos ▼.

Tabla 160 Cálculo del $f_{g,ATS}$

Sector	2	4
Longitud	787.58	2,430.73
Pendiente	6.1%	5.9%
$f_{g,ATS}$ ▲	1	0.99
$f_{g,ATS}$ ▼	1	1

Fuente: Elaboración propia

Determinación del factor de ajuste por vehículos pesados para la velocidad promedio de viaje (ATS)

Mediante la ecuación (11)

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (11)$$

Para ascensos ▲ se utilizó la **Tabla 19** para vehículos pesados y la **Tabla 18** para vehículos



recreacionales. Mientras que para descensos▼ se utilizó la **Tabla 17**.

Tabla 161 Cálculo del $f_{HV,ATS}$

Sector	2	4
Longitud	787.58	2,430.73
Pendiente	6.1%	5.9%
P_T	19%	19%
P_R	3%	3%
$E_T \blacktriangle$	9.22	13.19
$E_R \blacktriangle$	1	1
$E_T \blacktriangledown$	1.3	1.3
$E_R \blacktriangledown$	1.1	1.1
$f_{HV,ATS} \blacktriangle$	2.56	3.32
$f_{HV,ATS} \blacktriangledown$	1.06	1.06

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de ($v_{i,ATS}$) Volumen de demanda ajustado para ATS (*veh/h*)

Tabla 162 Cálculo del $v_{i,ATS}$

Sector	2	4
volumen en el sentido de análisis	1,196	1,196
volumen en el sentido opuesto	1,204	1,204
$f_{g,ATS} \blacktriangle$	1	0.99
$f_{g,ATS} \blacktriangledown$	1	1
$f_{HV,ATS} \blacktriangle$	2.56	3.32
$f_{HV,ATS} \blacktriangledown$	1.06	1.06
V_d	466.86	357.06
V_o	1,135.85	1,135.85

Fuente: Elaboración propia

Paso 04 Cálculo de la velocidad promedio de viaje (ATS)

Se calculó a partir de la velocidad de flujo libre, con la ecuación (13)

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \quad (13)$$

Donde:

ATS_d : Velocidad promedio de viaje en la dirección analizada (mi/h)

FFS : Velocidad flujo libre (mi/h)

$v_{d,ATS}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base para determinar ATS en la dirección de análisis (pc/h)



$v_{o,ATS}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base para determinar ATS en la dirección opuesta (pc/h)

$f_{np,ATS}$: Factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis

Factor de ajuste $f_{np,ATS}$

Mediante la **Tabla 21**, para velocidades menores a 45 mi/h

Tabla 163 Cálculo del ATS_d

Sector	2	4
V_d	466.86	357.06
V_o	1,135.85	1,135.85
$F_{np,ATS}$	0.11	0.11
ATS_d	22.65	23.44

Fuente: Elaboración propia

Paso 05 Ajuste del volumen de demanda para determinar el porcentaje de tiempo usado viajando en colas (PTSF)

Mediante la ecuación (14)

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}} \quad (14)$$

Donde:

$v_{i,ATS}$: Volumen de demanda ajustado para el cálculo de PTSF

i: : (d) dirección de análisis & (o) dirección opuesta

PHF : Factor de hora punta (pico)

V_i : Volumen horario de máxima demanda para la dirección analizada (veh/h)

$f_{g,PTSF}$: Factor de ajuste por pendiente para PTSF

$f_{hv,PTSF}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para (PTSF)

Determinación del factor $f_{g,PTSF}$

Mediante la **Tabla 22** para pendientes en descenso y la **Tabla 23** para pendientes en ascenso



Tabla 164 Cálculo del $f_{g,PTSFi}$

Sector	2	4	5	6	7	8	9
$f_{g,PTSFi,d}$	1	1	1	1	1	1	1
$f_{g,PTSFi,o}$	1	1	1	1	1	0.98	0.94

Fuente: Elaboración propia

Determinación del factor $f_{HV,PTSFi}$

$$f_{HV,PTSFi} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (15)$$

Uso de la **Tabla 24** para el factor de equivalencia de vehículos pesados (E_T & E_R) para descensos y la **Tabla 25** para ascensos.

Tabla 165 Cálculo del $f_{i,HV,PTSFi}$

Sector	2	4	5	6	7	8	9
$E_{T,d}$	1.03	1.84	1.82	1.87	1.87	1.01	1
$E_{R,d}$	1	1	1	1	1	1	1
$E_{T,o}$	1	1	1	1	1	1	1
$E_{R,o}$	1	1	1	1	1	1	1
$f_{HV,PTSFi,d}$	1.01	1.16	1.16	1.13	1.13	1.00	1.00
$f_{HV,PTSFi,o}$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 166 Cálculo del $v_{i,PTSFi}$

Sector	2	4	5	6	7	8	9
volumen en el sentido de análisis	1,196	1,196	764	764	764	764	764
volumen en el sentido opuesto	1,204	1,204	588	588	588	588	588
$f_{g,PTSFi,d}$	1	1	1	1	1	1	1
$f_{g,PTSFi,o}$	1	1	1	1	1	0.98	0.94
$f_{HV,PTSFi,d}$	1.01	1.16	1.16	1.13	1.13	1.00	1.00
$f_{HV,PTSFi,o}$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$v_{d,PTSFi}$	1,189.22	1,031.39	1,034.78	675.81	675.81	762.86	764.00
$v_{o,PTSFi}$	1,196.00	1,196.00	1,196.00	764.00	764.00	779.59	812.77

Fuente: Elaboración propia

Paso 06 Cálculo del porcentaje de tiempo usado viajando en colas (PTSF)

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSFi} \left(\frac{v_{d,PTSFi}}{v_{d,PTSFi} + v_{o,PTSFi}} \right) \quad (16)$$

Donde



$PTSF_d$: Porcentaje de tiempo usado viajando en colas en la dirección analizada (decimal)

$BPTSF_d$: Base del porcentaje de tiempo usado viajando en colas en la dirección analizada

$f_{np,PTSF}$: Factor de ajuste por el porcentaje de zonas de no rebase en el tramo analizado para
PTSF

$v_{d,PTSF}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base en la dirección analizada para
determinar PTSF (veh/h)

$v_{o,PTSF}$: Volumen vehicular ajustado a las condiciones base en la dirección opuesta para
determinar PTSF (veh/h)

$BPTSF_d$

$$BPTSF_d = 100[1 - \exp(av_d^b)] \quad (17)$$

Se calculó los coeficientes a y b con la **Tabla 26**

Factor de ajuste para zonas de no adelantamiento ($f_{np,PTSF}$)

Se calculó el factor mediante la **Tabla 27**

Tabla 167 Cálculo del $PTSF_d$

$v_{d,PTSF}$	1,189.22	1,031.39	1,034.78	675.81	675.81	762.86	764.00
$v_{o,PTSF}$	1,196.00	1,196.00	1,196.00	764.00	764.00	779.59	812.77
v_{d+o}	2,385.22	2,227.39	2,230.78	1,439.81	1,439.81	1,542.45	1,576.77
$BPTSF_d$	84.39	80.83	80.91	63.88	63.88	67.71	67.99
a	-0.005	-0.005	-0.005	-0.004	-0.004	-0.004	-0.005
b	0.825	0.825	0.825	0.840	0.840	0.837	0.833
$f_{nd,PTSF}$	14.5	14.5	14.5	18.952	18.952	18.608	10.743
$PTSF_d$	91.62	87.54	87.64	72.78	72.78	76.91	73.19

Fuente: Elaboración propia



Paso 07 Estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS)

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS} \quad (18)$$

Tabla 168 Cálculo del ATS_d

Sector	2	4
ATS_d	22.65	23.44
FFS	35.19	35.19
PFFS	0.64	0.67

Fuente: Elaboración propia

Paso 08 Determinación del nivel de servicio y capacidad

Tabla 28 Nivel de servicio en carreteras de dos carriles

Nivel de servicio	Carretera de clase I		Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF(%)	PTSF(%)	PFFS(%)
A	> 55	≤ 35	≤ 40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75
E	≤ 40	>80	>85	≤ 66.7

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Prevalece el valor más crítico

Tabla 169 Cálculo del nivel de servicio

ATS_d	22.65	23.44					
$PTSF_d$	91.62	87.54	87.64	72.78	72.78	76.91	73.19
Nivel de servicio (ATS)	E	E					
Nivel de servicio (PTSF)	E	E	E	D	D	D	D

Fuente: Elaboración propia

La capacidad se ha calculado según las ecuaciones (19)y(20)

$$C_{dATS} = 1700f_{g,ATS} f_{hv,ATS} \quad (19)$$

$$C_{PTSF,d} = 1700f_{g,PTSF} f_{hv,PTSF} \quad (20)$$



Tabla 170 Cálculo de la capacidad

Sector	2	4
$f_{g,ATS}$	1	0.9
$f_{hv,ATS}$	2.56	3.32
$f_{g,PTSF}$	1	1
$f_{hv,PTSF}$	1.01	1.16
$C_{d,ATS}$	4,355.06	5,581.00
$C_{d,PTSF}$	1,709.69	1,971.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 171 Resumen del nivel de servicio

Sector	Clasificación	N carriles	Nivel de servicio (ATS)	Nivel de servicio (PTSF)	ATS_d	$PTSF_d$
1	I	4	A			
2	I	2	E	E	22.65	91.62
3	I	4	A			
4	I	2	E	E	23.44	87.54
5	II	2		E		87.64
6	II	2		D		72.78
7	II	2		D		72.78
8	II	2		D		76.91
9	II	2		D		73.19

Fuente: Elaboración propia



Estado proyectado, 2033

Tabla 172 *Transito proyectado 2033*

Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clasificación de carretera según	I	I	I	I	II	II	II	II	II
Tipo de Terreno	Accidentado	Ondulado	Ondulado	Ondulado	Accidentado	Ondulado	Ondulado	Ondulado	Plano
Longitud del Tramo (millas)	1+702.25	2+283.20	2+262.62	2+430.73	2+174.04	2+173.91	2+173.91	2+189.44	1+388.91
Pendiente del tramo (%)	7.6%	6.1%	5.2%	5.9%	6.5%	5.7%	5.5%	4.3%	2.6%
Densidad del punto de acceso (Pts./Km)	22.91	0	6.63	1.02	2.57	5.14	5.14	3.4	5.37
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%	100%	0%	100%	93%	51%	51%	56.59%	10.56%
Número de carriles	4	2	4	2	2	2	2	2	2
Ancho de carril (ft)	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Ancho de berma (ft)	0.00	1.97	0.98	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
volumen en el sentido de análisis	1386	1386	1386	1386	1386	861	861	861	861
volumen en el sentido opuesto	1364	1364	1364	1364	1364	636	636	636	636
Factor de Hora Punta (PHF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
División direccional	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40
% veh pesados	25%	25%	25%	25%	25%	20%	20%	20%	20%
% veh recreacionales	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
FFS, medido en campo	32.09	32.09	32.09	32.09	48.01	48.01	48.01	48.01	48.01
FFS, opuesto	36.63	36.63	36.63	36.63	42.02	42.02	42.02	42.02	42.02

Fuente: Elaboración propia



Tramos multicarril

Tabla 173 Nivel de servicio para los tramos multicarril 2033

Sector	1	3
Tipo de Terreno	Montañoso	Ondulado
Longitud del Tramo (millas)	1,702.25	2,262.62
Pendiente del tramo (%)	7.6%	5.2%
Densidad del punto de acceso (Pts./milla)	22.91	6.63
Porcentaje de zona de no rebase (%)	0%	0%
Número de carriles	4	4
Ancho de carril (ft)	11.80	11.80
Ancho de berma (ft)	0.00	0.98
volumen en el sentido de análisis	1,386.00	1,386.00
volumen en el sentido opuesto	1,364.00	1,364.00
Factor de Hora Punta (PHF)	1.00	1.00
División direccional	60/40	60/40
% veh pesados	0.25	0.25
% veh recreacionales	0.05	0.05
FFS, VISSIM	32.09	32.09
FFS, opuesto	36.63	36.63
f_{LW}	1.9	1.9
f_{LC}	1.3	1.3
f_M	0	1.6
f_A	5.5	1.5
FFS _d	23.39	23.39
FFS _o	27.93	27.93
E _{T d}	4	3.5
E _{R d}	4	4
E _{T o}	4.5	2.5
E _{R o}	4	2
f _{HV,d}	0.53	0.56
f _{HV,o}	0.49	0.70
f _p	0.9	0.9
Nivel de servicio deseado	D	D
S	23.40	23.40
MSF (Máximo flujo de servicio)	1,400.00	1,400.00
N _d	2.1	2.0
N _o	2.2	1.5
$v_{p d}$	312.63	351.38
$v_{p o}$	161.14	359.51
D _d	13.36	15.02
D _o	6.89	15.36



Tabla 173 Nivel de servicio para los tramos multicarril 2033

Sector	1	3
Nivel de servicio	B	B

Fuente: Elaboración propia



Tramos de doble carril

Tabla 174 Nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033

Sector	2	4	5	6	7	8	9
Clasificación de carretera según el HCM 2016	I	I	II	II	II	II	II
Tipo de Terreno	Ondulado	Ondulado	Acciden- tado	Ondulado	Ondulado	Ondulado	Plano
Longitud del Tramo (millas)	787.58	2,430.73	2,174.04	2,173.91	2,173.91	2,189.44	1,388.91
Pendiente del tramo (%)	6.1%	5.9%	6.5%	5.7%	5.5%	4.3%	2.6%
Densidad del punto de acceso (Pts./milla)	0.00	1.02	2.57	5.14	5.14	3.40	5.37
Porcentaje de zona de no rebase (%)	100%	100%	93%	51%	51%	57%	11%
Número de carriles	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ancho de carril (ft)	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Ancho de berma (ft)	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
volumen en el sentido de análisis	1,386	1,386	1,386	861	861	861	861
volumen en el sentido opuesto	1,364	1,364	1,364	636	636	636	636
Factor de Hora Punta (PHF)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
División direccional	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40
% veh pesados	25%	25%	25%	20%	20%	20%	20%
% veh recreacionales	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
FFS, VISSIM	32.09	32.09	48.01	48.01	48.01	48.01	48.01
FFS, opuesto	36.63	36.63	42.02	42.02	42.02	42.02	42.02
Ajuste por pendiente ($f_{g,ATS,d}$)	1	0.99					
Ajuste por pendiente ($f_{g,ATS,o}$)	1	1					
$E_{T d}$	9.25	13.19					
$E_{R d}$	1	1					
$E_{T o}$	1.3	1.3					
$E_{R o}$	1.1	1.1					



Tabla 174 Nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033

Sector	2	4	5	6	7	8	9
Ajuste por vehiculo pesado ($f_{HV,ATS,d}$)	3.06	4.05					
Ajuste por vehiculo pesado ($f_{HV,ATS,o}$)	1.08	1.08					
Volumen de demanda ($v_{ATS,d}$)	452.57	345.89					
Volumen de demanda ($v_{ATS,o}$)	1,262.96	1,262.96					
Ajuste zonas de no rebase ($f_{np,ATS}$)	0.592	0.592					
Velocidad promedio de viaje (ATS_d)	18.18	19.01					
$f_{g,PTSF,d}$	1	1	1	1	1	1	1
$f_{g,PTSF,o}$	1	1	1	1	1	1	1
$E_{T,d}$	1.03	1.843	2.283	1.817	1.817	1.376	1
$E_{R,d}$	1	1	1	1	1	1	1
$E_{T,o}$	1	1	1	1.128	1.128	1.128	1.128
$E_{R,o}$	1	1	1	1	1	1	1
$f_{HV,PTSF,d}$	1.01	1.21	1.32	1.16	1.16	1.08	1.00
$f_{HV,PTSF,o}$	1.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.03	1.03
Volumen de demanda ($v_{d,PTSF}$)	1,375.68	1,144.74	1,049.40	740.07	740.07	800.78	861.00
Volumen de demanda ($v_{o,PTSF}$)	1,364.00	1,364.00	1,364.00	620.12	620.12	620.12	620.12
v_{d+o}	2,739.68	2,508.74	2,413.40	1,360.20	1,360.20	1,420.91	1,481.12
$BPTSF_d$	88.61	84.56	82.44	64.88	64.88	67.38	69.67
a	-0.006	-0.006	-0.006	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
b	0.822	0.822	0.822	0.866	0.866	0.866	0.866
Ajuste por zonas de no rebase ($f_{nd,PTSF}$)	10.2	11.28	12.305	24.452	24.452	24.593	15.139
% de tiempo usado viajando en colas ($PTSF_d$)	93.73	89.71	87.79	78.18	78.18	81.24	78.47
% de flujo libre ($PFFS$)	0.57	0.59					
Nivel de servicio (ATS)	E	E					



Tabla 174 Nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033

Sector	2	4	5	6	7	8	9
Nivel de servicio (PTSF)	E	E	E	D	D	D	D
$C_{d,ATS}$	5,206.25	6,811.94					
$C_{d,PTSF}$	1,712.75	2,058.28					

Fuente: Elaboración propia



Nivel de servicio con proyecto

La condición más desfavorable fue la proyectada para el año 2033, siendo el nivel de servicio A, para los tramos multicarril, **Tabla 173**. Siendo el valor preponderante el máximo flujo de servicio **Tabla 34** para la velocidad de flujo libre (FFS), que a su vez modifica el número de carriles necesarios.

Entonces se consideró como máximo 2 carriles por sentido, siendo el FFS máximo 23.4 mi/h con un nivel de servicio C para un máximo flujo de servicio de 1400 veh*h/carril. **Tabla 173** Obteniendo una densidad de 15.36 veh/mí, dando un nivel de servicio B

Por otro lado, para los tramos V, ..., IX pertenecientes a la ruta PE-28F se consideró carriles de adelantamiento.



b) Carriles de adelantamiento

Paso 01. Datos

Tabla 175 Datos para determinar el nivel de servicio para los tramos de doble carril 2033

Sector	2	4	5	6	7	8	9
Longitud del Tramo (millas)	787.58	2430.73	2174.04	2173.91	2173.91	2189.44	1388.91
volumen en el sentido de análisis	1386.00	1386.00	1386.00	861.00	861.00	861.00	861.00
volumen en el sentido opuesto	1364.00	1364.00	1364.00	636.00	636.00	636.00	636.00
FFS _d	32.09	32.09	48.01	48.01	48.01	48.01	48.01
FFS _o	36.63	36.63	42.02	42.02	42.02	42.02	42.02
Volumen de demanda (V _{ATS,d})	452.57	345.89					
Volumen de demanda (V _{ATS,o})	1262.96	1262.96					
Velocidad promedio de viaje (ATS _d)	18.18	19.01					
Volumen de demanda (V _{d,PTSF})	1375.68	1144.74	1049.40	740.07	740.07	800.78	861.00
Volumen de demanda (V _{o,PTSF})	1364.00	1364.00	1364.00	620.12	620.12	620.12	620.12
% de tiempo usado viando en colas (PTSF _d)	93.73	89.71	87.79	78.18	78.18	81.24	78.47
Nivel de servicio (ATS)	E	E					
Nivel de servicio (PTSF)	E	E	E	D	D	D	D

Fuente: Elaboración propia

Paso 02. Dividir el tramo en secciones

El carril de adelantamiento se ubica en las progresivas 11+086 y culmina en la 14+361 siendo el tramo de 3+305 km (2+052.80 mi)

Figura 79 Alternativa 01 de intercambiador entre PE-3S y PE-28F



Fuente: Elaboración propia

Se determinó las longitudes de carril de adelantamiento y long. antes del carril de adelantamiento



$L_{u,d}$: 0+568.91 mi

$L_{u,o}$: 0+263.98 mi

$L_{pl,ambos s}$: 2+052 mi

Determinar la longitud efectiva del carril de adelantamiento, L_{de}

Se determinó mediante la Figura 21 y la ecuación (32)

Siendo el $v_d > 1000$, entonces 3.6 mi PTSF y 1.7 mi ATS

Siendo el $v_o > 1000$, entonces 3.6 mi PTSF y 1.7 mi ATS

El valor $L_{de} > L_{pl}$, se utilizó L_{de}' longitud restante del tramo de análisis

Paso 03. Determinar el porcentaje de tiempo usado viajando en colas PTSF

Se utilizó la

$$PTSF_{pl} = \frac{PTSF_d \left[L_u + f_{pl,PTSF} L_{pl} + f_{pl,PTSF} L'_{de} + \left(\frac{1 + f_{pl,PTSF}}{2} \right) \left(\frac{L_{de}^2}{L_{de}} \right) \right]}{L_t} \quad (39)$$

Tabla 176 Cálculo del tiempo usado viajando en colas ($PTSF_{pl}$)

Sector	6
Volumen de demanda ($V_{d,PTSF}$)	740.07
Volumen de demanda ($V_{o,PTSF}$)	620.12
L_t	2.052
$L_{u,d}$	0.56891
$L_{u,o}$	0.26398
L_{pl}	1.21911
$L_{de,d}$	5.42
$L_{de,o}$	6.34
$L'_{de,d}$	0.26
$L'_{de,o}$	0.57
$f_{pl,PTSF d}$	0.62
$f_{pl,PTSF o}$	0.62
$PTSF_{pl d}$	57.00
$PTSF_{pl o}$	53.87

Fuente: Elaboración propia



Paso 04. Determinar la velocidad promedio de viaje ATS

Al ser el tramo de clasificación tipo II no se considera la velocidad promedio de viaje determinante para el nivel de servicio.

Paso 05. Determinar el nivel de servicio

Tabla 28 Nivel de servicio en carreteras de dos carriles, clase II

Nivel de servicio	PTSF(%)
A	≤ 40
B	>40-55
C	>55-70
D	>70-85
E	>85

Fuente:(Transportation Research Board, 2010)

Prevalece el valor más crítico

Con un porcentaje de 57.00% pertenece al nivel C

3.6.5. Velocidad de viaje

Según (González Garrido, 1999) se calculará el tiempo medio para un recorrido específico. Es común realizar seis recorridos y encontrar el tiempo promedio. Sin tener en cuenta sus signos, se suman las diferencias entre cada uno de los seis tiempos y la media. Si la cantidad obtenida es inferior a la media, el resultado se considera válido y en caso contrario, se realizarán cuatro viajes adicionales. Según González Garrido (1999), la desviación media debe ser como mínimo 1/6 de la media.

Tabla 177 Velocidad de recorrido

Sentido	Distancia recorrida Km	Tiempo en marcha hh:min	Tiempo detenido hh:min	Tiempo de viaje hh:min	Velocidad de recorrido Km/h
IDA					
1.00	29.52	36:14	04:55	41:09	43.04



2.00	30.19	38:09	01:20	39:29	45.87
3.00	29.56	40:10	03:35	43:45	40.54
VUELTA					
1.00	29.52	41:08	01:25	42:33	41.62
2.00	29.52	52:21	01:09	53:30	33.10
3.00	29.52	52:17	00:50	53:07	33.34

Fuente: Elaboración propia

El tiempo promedio de recorrido es de 00:45:35 mientras que la suma absoluta de las diferencias del tiempo de viaje es de 00:17:15 siendo menor la diferencia y por ende existiendo una desviación estándar media menor a 1/6 de la media. Por consiguiente, el análisis es valido

3.6.6. Análisis de rutas

La mejor ruta entre varias alternas, que permita enlazar dos puntos extremos o terminales, será aquella que de acuerdo con las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética. Por lo tanto, para cada ruta será necesario determinar, en forma aproximada, los costos de construcción, operación y conservación de la futura carretera a proyectar, para así compararlos con los beneficios probables esperados.

Existen diversos métodos de evaluación de rutas y trazados alternos, con los cuales se podrá hacer la mejor selección. Dentro de éstos, se encuentra el Método de Bruce, en el cual se aplica el concepto de longitud virtual. Compara, para cada ruta o trazado alternativo, sus longitudes, sus desniveles y sus pendientes, tomando en cuenta únicamente el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes. (Cárdenas Grisales, 2003)

$$X_0 = x + k \sum y \quad (41)$$

Donde:

X_0 : Longitud resistente (m)

X : Longitud total del trazado (m)



$\sum Y$: Desnivel o suma de desniveles (m)

K : Inverso del coeficiente de tracción

Tabla 178 *Valores del inverso del coeficiente de tracción*

Tipo de superficies	Valor medio de K
Carretera en tierra	21
Macadam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento rígido (concreto)	44

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2003)



Tabla 179 Composición de las posibles rutas

Rutas	Puntos	Km	COTAS	Δ h IDA	Δ distancia	Pendiente
Ruta 1	A Paradero de buses Urubamba	3,381.87	3,381.87	12.09	650.00	1.86%
	a Intersección Prolongación Av. Grau y Av. Antonio Lorena	3,393.97	3,393.97	113.93	2,625.00	4.34%
	b 3ra curva de volteo	3,507.90	3,507.90	169.15	3,875.00	4.37%
	c Desvió a ruta PE-28J	3,677.05	3,677.05	-189.21	6,295.83	-3.01%
	d Desvió a Izcuchaca PE-28F	3,487.83	3,487.83	-48.46	2,015.95	-2.40%
	e Plaza mayor de Cachimayo	3,439.37	3,439.37	268.89	11,450.00	2.35%
B Desvío AICC	3,708.26	3,708.26				
Ruta 2	A Paradero de buses Urubamba	3,381.87	3,381.87	2.93	168.20	1.74%
	a Desvío Av. Ejército	3,384.80	3,384.80	103.22	2,052.03	5.03%
	b Inicio de Tunel, Final de prolongación de Av. Ejército	3,488.02	3,488.02	182.06	2,212.84	8.23%
	c Final de tunel, Asoc. Pro vivienda Las Rocas	3,670.08	3,670.08	-182.25	6,044.83	-3.01%
	d Desvió a izcuchaca	3,487.83	3,487.83	-48.46	2,015.95	-2.40%
	e Plaza mayor de Cachimayo	3,439.37	3,439.37	268.89	11,450.00	2.35%
B Desvío AICC	3,708.26	3,708.26				
Ruta 3	A Paradero de buses Urubamba	3,381.87	3,381.87	12.09	650.00	1.86%
	a Intersección Prolongación Av. Grau y Av. Antonio Lorena	3,393.97	3,393.97	113.93	2,625.00	4.34%
	b 3ra curva de volteo	3,507.90	3,507.90	169.15	3,875.00	4.37%
	c Desvió a ruta PE28-J	3,677.05	3,677.05	42.81	8,025.00	0.53%
	d Aricay	3,719.86	3,719.86	10.58	7,095.35	0.15%
	e Intersección Av. Mateo Pumacahua (Chincheró)	3,730.44	3,730.44	-4.99	1,001.26	-0.50%
B Desvío AICC	3,725.45	3,725.45				

Fuente: Elaboración propia

Ruta01.-

Contempla el trazado existente partiendo del terminal de autos de Chinchero ubicado en la Av. Grau, siendo una vía de doble carril en 10.38% (2+797.62 km) de su longitud. También esta vía se bifurca en el Km 13+445.83 en la ruta PE-3S, Longitudinal de la sierra y la ruta PE-28F, que conecta Chinchero

Figura 80 Ruta 01

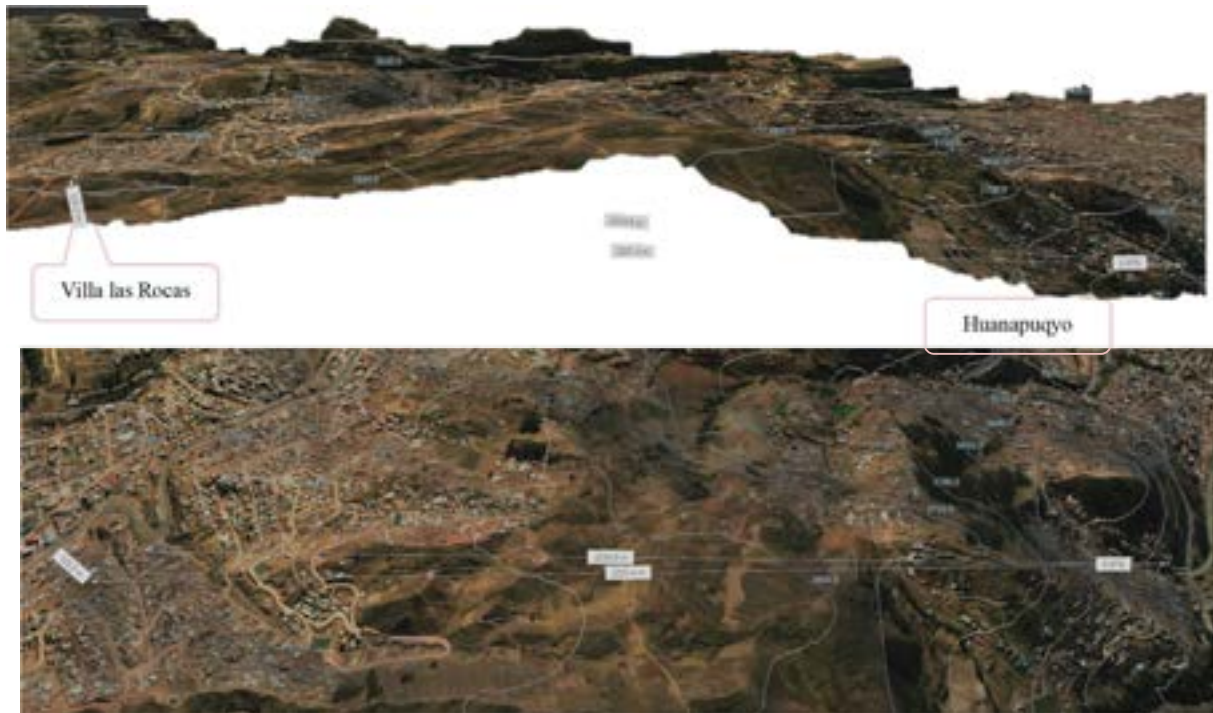


Fuente: *Elaboración propia*

Ruta 02.-

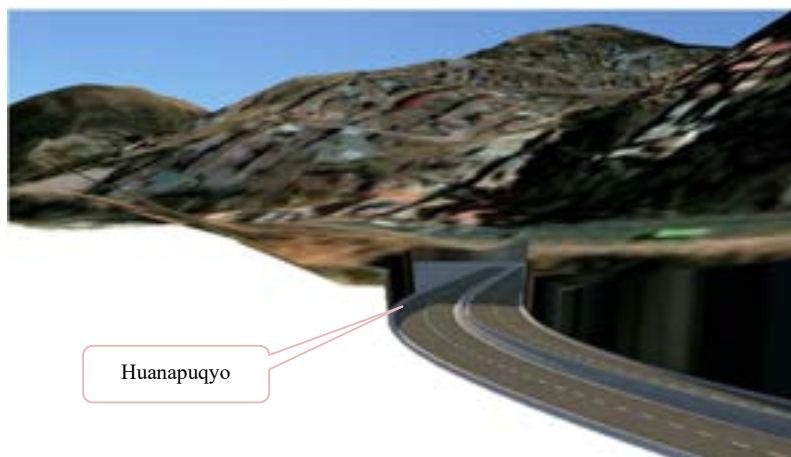
Esta ruta toma el desvío de la Av. Grau hacia la Av. Ejército en el Km 0+168.20, luego se llega a un túnel al final de la Av. Ejército en el Km 2+220.23 en la zona de Huanapuqyo, que finaliza en la escalinata que comunica a la A.P.V. Villa las Rocas. A continuación, prosigue el nuevo trazado propuesto en la ruta 01

Figura 81 Ruta 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 82 Ruta 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 83 Trazado en planta del túnel



Fuente: Elaboración propia

Figura 84 Desvío de la Av. Grau hacia la Av. Ejercito



Figura 84 Desvío de la Av. Grau hacia la Av. Ejercito



Fuente: Elaboración propia

Ruta 03.-

Esta ruta considera el trazado de la ruta 01 hasta el Km 7+150 desvío a la ruta PE-28J, la cual es una vía pavimentada aproximadamente en un kilómetro luego la superficie de rodadura es de afirmado, esta ruta presenta pases aéreos, siendo de dos carriles solamente.

Figura 85 Ruta 03



Fuente: Elaboración propia



Figura 86 Ingreso a la ruta PE-28J



Fuente: Elaboración propia

Figura 87 Pase a desnivel en Km 11+250



Fuente: Elaboración propia

Elección de la ruta por el método de bruce

Se determinó la longitud resistente de ida como de vuelta utilizando la formula (41) y un valor K de 35 para pavimento asfaltico según la Tabla 178.



Tabla 180 Longitud resistente, Cusco → Chinchero (ida)

Ruta	x	Σy	X
ruta 01	26+911.78	326.39	38,335.33
ruta 02	23+943.85	326.39	35,367.40
ruta 03	23+271.61	343.57	35,296.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 181 Longitud resistente, Chinchero → Cusco (vuelta)

Ruta	x	Σy	X
ruta 01	26+911.78	520.75	45,138.13
ruta 02	23+943.85	515.98	42,003.22
ruta 03	23+271.61	288.08	33,354.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 182 Longitud resistente, resumen

Ruta	Cusco → Chinchero	Chinchero → Cusco
ruta 01	38,335.33	45,138.13
ruta 02	35,367.40	42,003.22
ruta 03	35,296.68	33,354.26

Fuente: Elaboración propia

3.6.7. Condiciones geométricas de la alternativa seleccionada

Se seleccionó la Ruta 01 con una longitud de km 26+911.78, si bien es la que tiene la mayor longitud resistente, es la más factible de realizarse, por pertenecer a sistema vial nacional además de contar con más del 10.38% (2+797.62 km) con cuatros carriles

Clasificación de la vía

Por su función

Pertenece a la red vial primaria que conforma el sistema nacional, esta vía pertenece a la longitudinal de la sierra PE-3, y a su vez se subdivide en su parte sur con una longitud de 1,516 km. Siendo el tramo perteneciente a está de 12.795 km

Por su demanda

Se clasifica en una autopista de primera clase por tener un IMDa de 15,970.19 veh/día

Por su orografía



Según la Tabla 5 se clasifica como terreno ondulado con pendientes transversales comprendidas entre 11-50% y longitudinales de como máximo 27°

Ubicación de la vía

La vía se ubica en zona urbana y zona rural

Derecho de vía

El ancho del derecho de vía es de 15 m. por lado según

Velocidad de diseño

Se utilizó velocidades acordes a las características del terreno y condiciones geométricas condicionando la distancia de visibilidad, peralte, ancho de calzada, bermas, sobrecanchos y radios de curvatura

Vehículo de diseño

Se utilizó un vehículo un remolque simple (C2R1) Tabla 3

Remolque simple (C2R1)

Tipo de vehículo	Medidas en m
Alto	4.1
Ancho	2.6
Vuelo	0
Ancho ejes	2.6
Largo	23
Vuelo delantero	2.6
Separación ejes	10.30/0.80/2.15/7.75
Vuelo trasero	0.8
Radio min. Rueda exterior	12.8

Fuente: pg.28, Tabla 202.01, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Trazado en planta

Homogeneidad del trazado existente y propuesto

La mayor parte del alineamiento horizontal es homogéneo siendo los tramos más irregulares los del 3+516 km- 7+613km pertenecientes al distrito de Santiago. Cambiando el trazado actual en el 5+132km por uno que necesita de un viaducto para salvar la diferencia de alturas.



Desarrollos:

Actualmente circulan sin dificultades camiones de carga con semirremolque remolque (T2S2S1S2)

Radios mínimos normales y excepcionales:

Los radios mínimos dependen de la velocidad de diseño siendo estos los siguientes:

Figura 88 Parámetros mínimos para los tramos de diseño



Figura 88 Parámetros mínimos para los tramos de diseño

The image shows two side-by-side screenshots of a software interface for calculating design parameters. The interface is in Spanish and features a dark blue background with white and green text. At the top, there are two panels: 'Por DEMANDA' and 'Por OROGRAFIA'. The 'Por DEMANDA' panel has a dropdown menu for 'MDA' set to 'mayor a 5 000 vehículos' and a green button labeled 'Autopistas de Primera Clase'. The 'Por OROGRAFIA' panel has a dropdown menu for 'Orografia Tipo' set to 'Terreno ondulado (Raz 2: 1:11% y 50%)'. Below these panels is a large blue button labeled 'CALCULAR'. The main area is divided into several sections: 'PARAMETROS BÁSICOS', 'RADIO MÍNIMO', 'VELOCIDAD', 'CURVAS DE TRANSICIÓN', 'LONGITUD CURVA', and 'LONGITUD EN TANGENTE'. Each section contains input fields with numerical values and green buttons for 'Aceptar'. The 'RADIO MÍNIMO' section shows 'P mín.' set to 304 and 'Radio Mín.' set to 30. The 'VELOCIDAD' section shows 'Rango de Velocidades' set to '80-90-100-110-120' and 'Elegir' set to '80'. The 'CURVAS DE TRANSICIÓN' section shows 'Tipo "J"' set to 'J', 'J' set to '5.5', 'A mín.' set to '26.36', 'L mín.' set to '13.52', 'L mín.' set to '30.00', and 'L mín.' set to '20.37'. The 'LONGITUD CURVA' section shows 'L.C. Mín.' set to '180', 'Alta Velocidad' set to '200', 'L.C. Mín.' set to '200', and 'L.C. Mín.' set to '200'. The 'LONGITUD EN TANGENTE' section shows 'L. mín. a 1.39V' set to '30', 'L. mín. a 2.78V' set to '130', and 'L. mín. a 16.76V' set to '300'. At the bottom of each panel is a blue button labeled 'ACEPTAR'.

Fuente: Elaboración propia

Peraltes:

Los peraltes dependen de la velocidad de diseño y del radio de curvatura siendo el máximo de 8%. Los datos ingresados fueron los referidos a la Tabla 43 y Tabla 44

Sobreanchos:

Los sobreanchos varían entre 0.30 y 2.5 m.

Los datos se ingresaron al programa civil 3D según la siguiente ecuación

$$Sa = \{r\} - \sqrt{\{r\}^2 - \{w\}^2} + 0.05 * \{v\} / \sqrt{\{r\}}$$

{r} : radio de curvatura

{v} : velocidad directriz

{w} : Ancho del vehículo de diseño



Figura 89 Características técnicas de la propuesta 01

<i>Características Técnicas</i>	<i>4 carriles</i>	<i>2 carriles</i>
Desarrollo	Del Km. 0+000 al Km 13+445.83	Del Km. 13+445.83 al Km 26+911.78
Categoría de la Vía	Autopista de primera clase. (Proyectado)	Carretera de primera clase (Proyectado)
Características	Carretera de cuatro carriles	Carretera de dos carriles
Orografía Tipo	Tipo 2 y Tipo 3	Tipo 2 y Tipo 3
Velocidad directriz (diseño)	Vd= 30, 40,50 km/h	Vd= 50,60,70 km/h
Ancho de calzada (Superficie de rodadura)	7.20 m	7.20 m
Espesor de la Carpeta Asfáltica	127.0 mm=5 pulg.	76.2 mm=3 pulg.
Pendiente Máxima	4%	8%
Pendiente Máxima excepcional	6.00%	9.50%
Pendiente Mínima	0.50%	0.50%
Cunetas	0.80x0.60	0.80x0.60
Radio Mínimo	60	60
Radio Mínimo Excepcional	36	34.8
Radio Mínimo Curva de Volteo	26.5	34.8
Ancho de Calzada (DC) de dos Carriles	6.60 m	6.60 m
Ancho de Bermas	veredas 1.20 m (cada lado)	0.60 m (cada lado)
Bombeo (%)	2	2
Talud de Terraplenes (V:H)	01:01.8	01:01.8
Talud de corte (V:H)	Variable de 1-.1 a 1:10	Variable de 1-.1 a 1:10
Peralte Máximo	8.00%	8.00%
Sobre ancho (Mínimo: Máximo)	(2 m: 4 m)	(2 m: 4 m)
Ancho de faja de Dominio	40 m mínimo absoluto.	20 m mínimo absoluto.
Carpeta Asfáltica Alternativa elegida	5 pulgadas	3 pulgadas
Espesor Base y Sub Base	10 pulgadas c/u	6 pulgadas c/u
Derecho de Vía	5 m. del Borde de Vía	3 m. del Borde de Vía

Fuente: Elaboración propia



Figura 90 Elementos de curvas hasta el km 5+135

N°	S	VEL	Δ	Le ₁	R	Le ₂	T	L	M	TE/PC	PI	CE/PT	ESTE	NORTE	Sa	P%	LT _p 1	LT _p 2
1	D	40	26° 52' 9.9"	----	55	----	13.14	25.79	1.51	0+193.38	0+206.52	0+219.17	826790.6635	8502412.109	2.6	7.9	26	26
2	I	40	84° 42' 47.4"	60	61	33	55.62	90.19	15.92	1+142.41	1+198.03	1+232.60	825842.5278	8502801.097	2.4	7.7	26	26
3	D	40	102° 3' 51.8"	40	36	33	44.51	64.13	13.36	1+439.36	1+483.87	1+503.49	826005.1569	8502313.046	3.8	8	26	26
4	D	40	1° 44' 54.1"	----	800	----	12.21	24.41	0.09	1+885.39	1+897.60	1+909.80	825638.367	8502777.929	0.3	2	11	11
5	I	30	45° 0' 25.0"	40	78	30	32.31	61.27	5.94	2+128.90	2+161.21	2+190.17	825479.6258	8502992.261	1.8	5.6	19	19
6	D	30	11° 57' 0.8"	33	125	33	13.08	26.07	0.68	2+273.00	2+286.08	2+299.07	825348.6944	8502951.627	1.2	4.4	16	16
7	I	30	20° 0' 0.8"	----	150	----	26.45	52.36	2.28	2+405.03	2+431.48	2+457.39	825204.7997	8502976.572	1	3.9	15	15
8	D	30	132° 41' 37.9"	30	41.9	30	95.66	97.04	25.09	2+534.88	2+630.54	2+631.92	824359.5498	8502825.015	3.2	7.2	23	23
9	I	30	12° 17' 3.3"	33	125	33	13.45	26.8	0.72	2+826.60	2+840.05	2+853.40	825283.6149	8503097.829	1.2	4.4	16	16
10	I	30	36° 14' 55.3"	33	55	33	18	34.8	2.73	3+048.46	3+066.47	3+083.26	825450.9513	8503258.627	2.4	6.4	21	21
11	I	30	10° 19' 21.4"	----	325	----	29.36	58.55	1.32	3+240.64	3+269.99	3+299.19	825364.0294	8503449.495	0.5	2.1	10	10
12	D	30	74° 8' 21.4"	33	26.5	33	20.02	34.29	5.36	3+484.26	3+504.28	3+518.55	825199.3684	8503686.346	5	8	24	24
13	I	30	54° 16' 26.1"	33	42	33	21.53	39.78	4.62	3+656.28	3+677.81	3+696.06	825429.4046	8503599.508	3.2	7.2	23	23
14	D	30	58° 8' 12.3"	33	80	33	44.47	81.17	10.08	3+793.87	3+838.34	3+875.04	825465.966	8503781.007	1.7	5.5	19	19
15	I	30	47° 29' 39.1"	33	45	33	19.8	37.3	3.81	4+014.70	4+034.50	4+052.00	825687.5518	8503768.771	3	7	22	22
16	D	30	3° 44' 10.5"	----	1881.93	----	61.38	122.72	1	4+162.99	4+224.38	4+285.71	825700.3724	8503969.777	0.1	2	10	10
17	I	30	10° 22' 11.3"	33	130	33	11.8	23.53	0.53	4+632.27	4+644.07	4+655.80	825601.9713	8504340.545	1.1	4.3	16	16
18	D	30	1° 34' 5.9"	----	2000	----	27.37	54.74	0.19	4+953.07	4+980.44	5+007.81	825496.6437	8504660.542	0.1	2	10	10
19	I	30	60° 52' 27.9"	33	65	33	38.19	69.06	8.96	5+097.28	5+135.47	5+166.33	825449.0909	8504819.54	2.1	6	20	20

Fuente: Elaboración propia



Trazado del perfil longitudinal

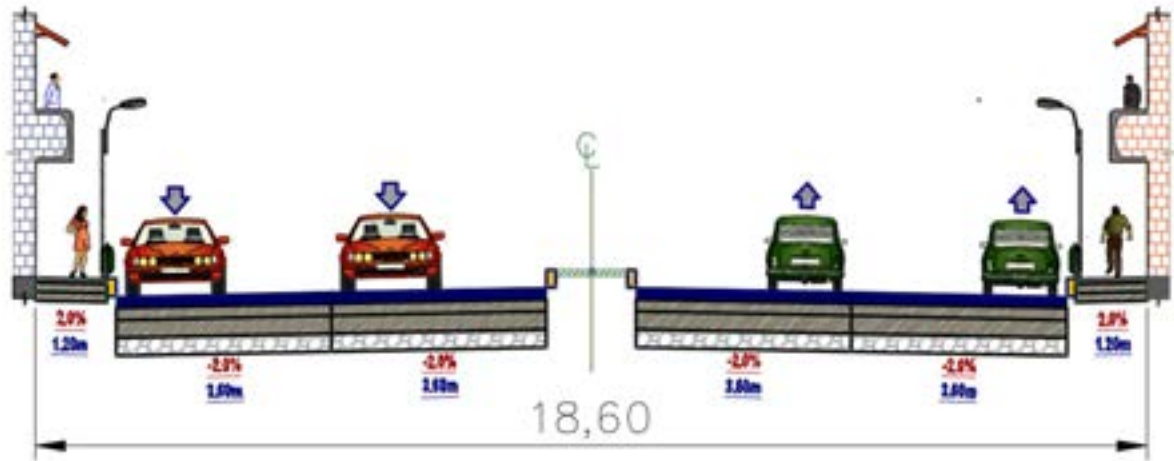
Figura 91 Elementos de curvas verticales

PIV	Vel	Tipo	LCV	Prog. PIV	Elev. PIV	S1 %	S2 %	A	Dp1 Ida	Dp1 Vuelta	Dp2 Ida	Dp2 Vuelta	Dp	L--> (Dp<L)	L--> (Dp>L)	F.G.	L Red. 10m	L Red. 20m
1	40			0+000	3394.6763													
2	40	CONCAVA	60	0+120	3401.2297	5.46	6.91	1.45	38	43	37	44	44	10.267	-100.559	5.886	50	60
3	40	CONVEXA	60	0+414.563	3421.5967	6.91	4.36	2.56	37	44	38	42	44	12.245	-70.099	No Aplica	50	60
4	40	CONVEXA	100	1+286.64	3459.61	4.36	4.28	0.08	38	42	38	42	42	0.345	-5032.229	No Aplica	50	60
5	30	CONVEXA	76.716	2+201.694	3498.7741	4.28	0.67	3.61	29	32	30	30	32	9.142	-48.012	No Aplica	40	40
6	30	CONCAVA	80.019	2+789.5895	3502.7319	0.67	6.08	5.41	30	30	29	32	32	23.88	21.119	12.327	40	40
7	30	CONVEXA	90.003	3+519.9995	3547.1667	6.08	4.34	1.74	29	32	29	32	32	4.411	-168.157	No Aplica	40	40
8	30	CONCAVA	199.995	4+573.1379	3592.9081	4.34	4.8	0.46	29	32	29	32	32	2.036	-438.976	1.051	40	40
9	30			5+313.0952	3628.4601													

Fuente: Elaboración propia

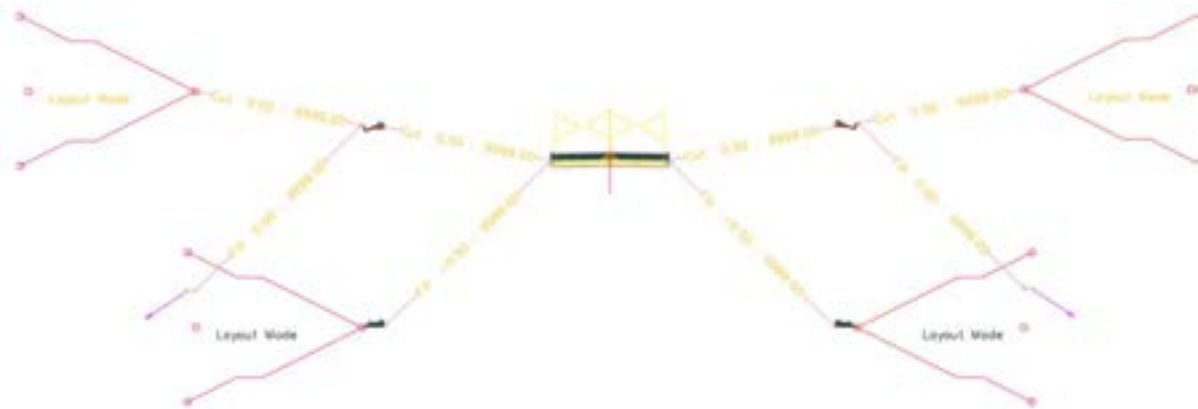
Trazado de sección transversal

Figura 92 Sección transversal del 0+000 – 13+445



Fuente: Elaboración propia

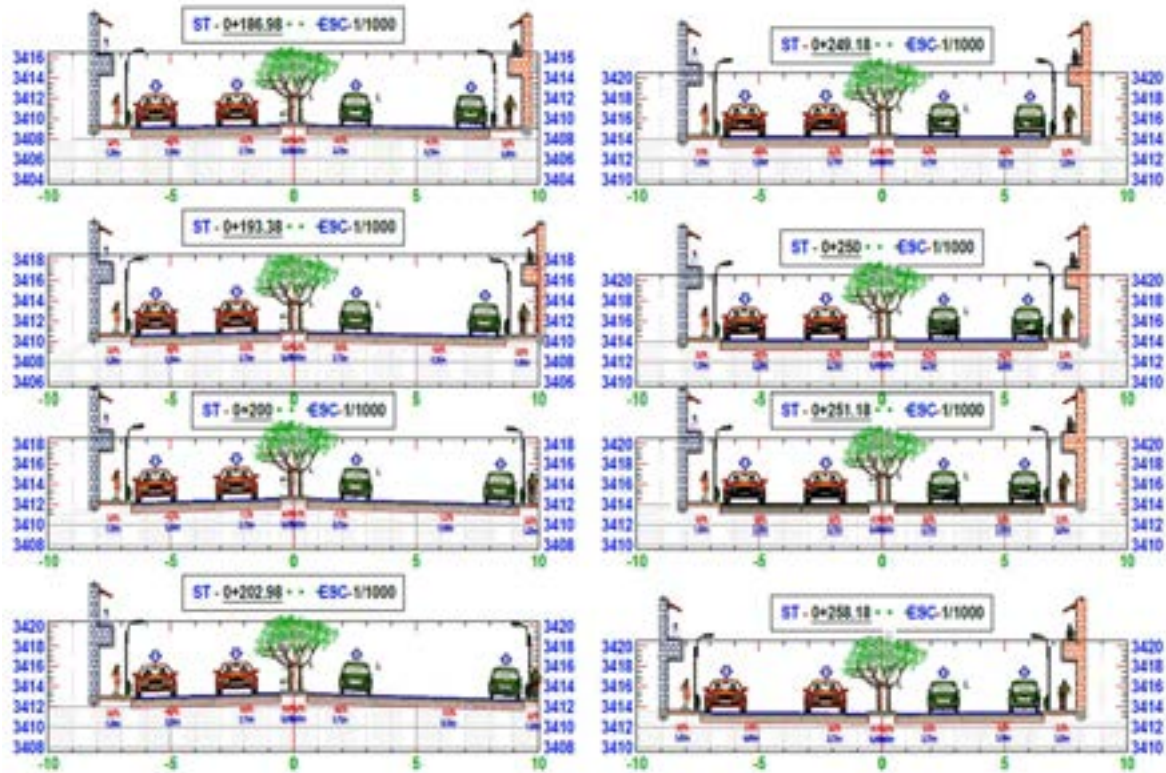
Figura 93 Sección transversal del 13+445 – 26+991



Fuente: Elaboración propia

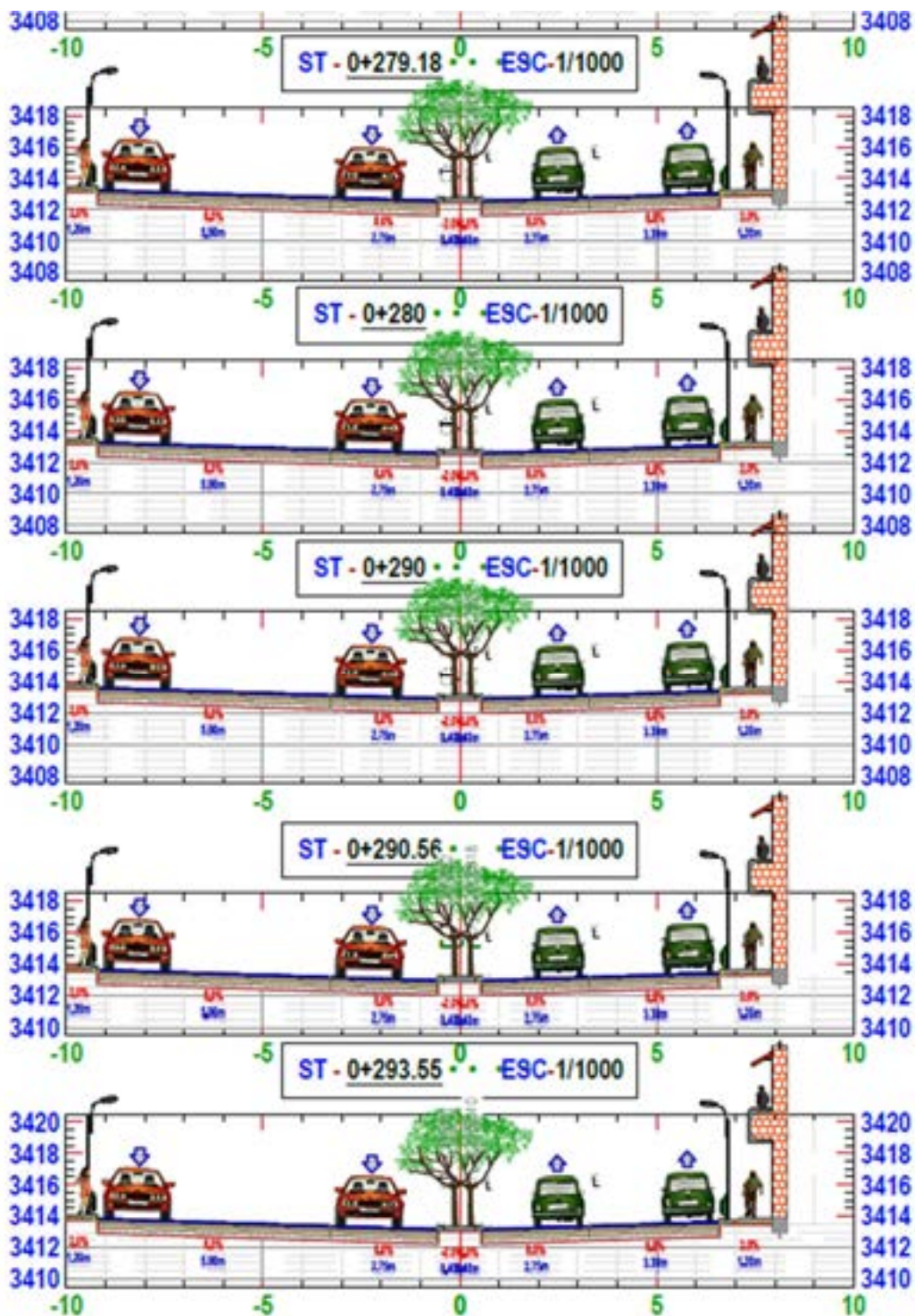


Figura 94 Sección transversal del 0+186.98 – 0+258.18



Fuente: Elaboración propia

Figura 95 Sección transversal del 0+186.98 – 0+258.18



Fuente: Elaboración propia



Trazado de alternativas a la intersección PE-3S y PE-28F

Figura 96 Alternativa 01 de intercambiador entre PE-3S y PE-28F



Fuente: Elaboración propia



Figura 80 Alternativa 02 de intercambiador entre PE-3S y PE-28F



Fuente: Elaboración propia



Capítulo IV: Resultados

4.1. Presentación de resultados

- Factores que redujeron el FFS medido en campo
Vehículos estacionados por comercios: venta de material, taller de mecánica y alquiler de maquinaria o volquetes
- Se determinó para el tránsito proyectado 2033, alternativa limitada a dos carriles por sentido, con un máximo flujo de servicio 1400 veh/h/carril a un flujo libre 23.4 mi/h que generará una densidad de $D_o=15.36$ veh/mi para el sector 3. Por lo tanto, un nivel de servicio B.
- El carril de adelantamiento para la vía de doble carril proporciona un nivel de servicio C.
- La alternativa de diseño geométrico para los tramos I-V: cuenta con 4 carriles, un pase a desnivel, una velocidad de diseño mínima de 30 km/h y máximo de 80 km/h. para los siguientes tramos se cuenta con una velocidad de diseño 50 – 70 km/h
- Se hizo la comparación entre el vehículo flotante y la velocidad puntual para determinar. Siendo la velocidad de viaje promedio para el veh. Flotante de $v_d: 42.6$ km/h $v_o: 36.02$ km/h mientras que para la velocidad puntual para la estación A1: $v_d: 56.66$ km/h $v_o: 63.97$ km/h para A2: $v_d: 92.3$ km/h $v_o: 82.66$ km/h

4.2. Presentación y contrastación de sub-hipótesis

Hipótesis general.

Las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, serán la expansión, construcción de nuevos carriles de circulación, puentes y pasos a desnivel en áreas críticas de congestión implementando sistemas ITS.

Si bien completar a cuatro carriles los tramos III y IV mejora significativamente el nivel de servicio pasando de E cuando tiene 2 carriles a B con la alternativa de 4 carriles.

La alternativa propuesta considera un paso a desnivel para evitar curvas de volteo y curvas que disminuyan en más de 20 km/h la velocidad de diseño.



Actualmente se realiza operativos policiales, teniendo ningún efecto en evitar o disminuir que los usuarios ocupen los carriles como estacionamiento. Siendo una medida el uso de foto papeletas

PE 1. Los valores actuales de ATS varían entre >30-40 mph, PTSF varían entre >80-65% y la densidad actual entre >35 – 26 pc/mi/ln. En la vía Cusco – aeropuerto de Chinchero.

Los valores hallados fueron una densidad de $D_o=12.67$ veh/mi para el sector 3 con un FFS 26.5 mi/h para los tramos multicarril y los tramos de doble carril un ATS_d : 22.65 mi/h y $PTSF_d$: 91.62% generando un nivel de servicio E

PE 2. Los valores en un horizonte de 10 años de ATS podrían ser de >20-30 mph, PTSF variarían entre >80-65% y densidad >35 – 26 pc/mi/ln. en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero

Los valores hallados fueron una densidad de $D_o=15.36$ veh/mi para el sector 3 con un FFS 23.4 mi/h para los tramos multicarril y en los tramos de doble carril se decidió utilizar un carril de adelantamiento un ATS_d : 22.65 mi/h y $PTSF_d$: 57.00% generando un nivel de servicio C.

PE 3. Las alternativas de diseño geométrico incluyen la implementación de sistemas ITS, expansión de carriles y pasos a desnivel para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años

Para el 2033 es posible incrementar el número de carriles en los tramos de doble carril a multicarril siendo como máximo dos por sentido, se considera el uso de sistemas inteligentes de transporte.



Capítulo V: Discusión

Discusión N°1: Contraste de resultados con referentes del marco teórico:

¿La norma de diseño geométrico DG-2018 considera algún criterio en transiciones de peralte tipo SCCS, SCSCS u SS?

La norma no brinda un criterio o comentario para dichos escenarios, teniendo el diseño de SCCS, para la intersección de la Av. Antonio Lorena y Templo de Belén.

Discusión N°2: Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

Al obtenerse un nivel de servicio para el año 2033 para una vía multicarril B. ¿Qué otras alternativas se consideran aparte de construir una vía multicarril?

Actualmente de tiene una red ferroviaria que atraviesa, conectando los puntos más importantes de la ciudad, pero no se utilizan como transporte público o transporte de mercancías. Siendo el indicador de riqueza la red ferroviaria que posee.

Discusión N°3: Si la velocidad de flujo libre FFS es determinante para el nivel de

servicio ¿Es posible generar un mayor FFS, sin afectar la seguridad en la vía?

Si es posible, designando un carril para vehículos pesados y transporte público en los tramos multicarril, después se debe construir intersecciones en los puntos más críticos: intersección Bolognesi-Av. Antonio Lorena, Prolongación Av. Grau - Av. Antonio Lorena, María Rulfo – Prolongación Av. Antonio Lorena. El tramo II presenta una reducción en su sección transversal, debido a los taludes de la vía requiriendo su estabilización. Se debe utilizar reductores de velocidad inteligentes y foto papeletas

Discusión N°4: Aporte a la investigación

Pasar de una vía de doble carril a multicarril no es suficiente para brindar un nivel de servicio optimo. Sino implementar la integración de otros medios de transporte: funiculares, trenes y teleféricos además de educar y controlar en el uso de las vías de comunicaciones.



Contrastación de resultados

Para Vicente Vargas, Eric & Vicente Vargas, Víctor el nivel de servicio actual de la vía de doble carril con sentido hacia Cusco fue de “E” desarrollando $ATS_o = 89.65$ km/h

No siendo representativa esta velocidad para el tramo Chinchero – Cusco debido a que en los tramos siguientes al desvió hacia Izcuchaca con la vía PE-3S, se tiene un menor volumen de tránsito.

Para Cuentas Cardenas, Mario Eslender & Ayala Cusihuallpa, Julio Cesar el nivel de servicio del tramo Arco Tica Tica – desvió a Izcuchaca presenta un nivel de servicio “D” siendo un Nivel superior al obtenido

Esta diferencia se debe a los volúmenes recopilados por Cuentas y Ayala son menores a los obtenidos en la investigación resultando un Nivel servicio de mayor confort de manejo con es el “D” a comparación del obtenido en la investigación “E”

Para Herrera Ponce, Veriosca & Mandura Choque, Rodrigo Miguel el IMDA =17,499, clasificando la vía como de tercera clase con una velocidad mínima de 35 km/h, ondulada y accidentada tipo II y III, con peraltes máximos de 10%, radios mínimos de 35m, longitudes de curva mínimas de 12.1m, también se determinó que un 53% de las longitudes de tangentes no cumplen con la longitud mínima en curva S de 49m

Mientras que el resultado obtenido en esta investigación fue de un $IMDA_{2023} = 15,970$ veh/día, se consideró a la vía como una autopista, teniendo una velocidad mínima de 35 km/h, orografía ondulada y accidentada con peraltes máximos de 8% con radios mínimos de 60 m y curvas de volteo de 26.5 m.

Conclusiones

Conclusión N°1:



Respecto al objetivo general: Determinar las opciones de diseño para mejorar la capacidad de la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años, teniendo en cuenta los valores actuales y proyectados de ATS, PTSF y densidad.

Se obtuvo para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero en un horizonte de 10 años una velocidad promedio de viaje ATSD: 22.65 mi/h y PTSFd: 57.00% generando un nivel de servicio C, para los tramos V en adelante, con un carril de adelantamiento, mientras que la para los tramos I al IV se obtuvo una densidad de $D_o = 15.36$ veh/mi/c y un flujo libre de 23.4 mi/h, obteniendo un nivel de servicio "B". estos resultados nos indica que la mejora del nivel de servicio es significativa para los tramos de doble carril, utilizando un carril de adelantamiento pasando de un nivel de servicio "E" a "C" mientras que, para los tramos de multicarril, no se tiene una mejora en Velocidad de flujo libre (FFS) siendo el valor mínimo estipulado por la metodología de 45 mi/h mientras que el determinado fue de 23.4 mi/h. por otro lado el el tráfico atraído y desviado por el AICC, fueron considerados por los volúmenes obtenidos por Matamoros.

Conclusión N°2:

Respecto al primer objetivo específico

Determinar los **valores actuales** de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero

Los valores actuales críticos de $ATS_a=23.44$ mi/h para el tramo IV, $PTSF_a$ de 91.62%. para el tramo II generando un nivel de servicio "E", mientras que la densidad para el Tramo III $D_{\Delta}=12.67$ generando un nivel de servicio "B"

Conclusión N°3:



Respecto al segundo objetivo específico

Determinar los valores en un horizonte de 10 años de ATS, PTSF y densidad en la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero

Los valores actuales críticos para un horizonte de 10 años fueron de $ATS_a = 21.18 \text{ mi/h}$ para el tramo IV, $PTSF_a$ de 93.73%. para el tramo II generando un nivel de servicio "E", mientras que la densidad para el Tramo III $D_{\Delta} = 15.02$ generando un nivel de servicio "B". con la mejora multicarril para los tramos I...IV se obtuvo un nivel de servicio "B", mientras que, para los siguientes tramos, con un carril de adelantamiento se tuvo un nivel de servicio "C"

Conclusión N°4:

Respecto al tercer objetivo específico

Identificar y evaluar las diferentes alternativas de diseño que existen para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años

Se lograron identificar 3 alternativas de rutas para la vía Cusco - aeropuerto de Chinchero para un horizonte de 10 años, se consideró una vía multicarril como primera alternativa, como segunda alternativa se propuso un túnel desde el final de la Av. Ejército conecta la vía PE-3S en Tica Tica en la APV. Pro vivienda las Rocas con una longitud de

Conclusión N°5:

La normativa para el diseño geométrico no contempla transiciones de peralte cuando se presente condiciones especiales, como espiral curva -espiral -curva -espiral o curva -espiral -espiral.

Recomendaciones

- Se recomienda para futuras investigación consultar metodologías diferentes a las que brinda el Highway Capacity Manual para poder describir el nivel de servicio



- Se recomienda realizar un análisis sobre la estabilización de los taludes en tramo II
- Se recomienda realizar un análisis sobre la intersección de la vía PE-3S y la Calle Flor de Ruffo aledaña al mercado de Poroy, desvío a izcuchaca, Arco de Tica Tica y Bolognesi
- Se recomienda considerar la alternativa de carril de adelantamiento para desarrollar una velocidad promedio de viaje (ATS) 75 Km/h y tiempo perdido en colas (PTSF) 35-50% para los tramos V-IX, mientras que para los tramos multicarril la densidad a desarrollar con la alternativa planteada fue de 18-26 veh/mi/c Nivel de servicio C.



Bibliografía

- ALG Transportation Infrastructure & Logistic. (2013). *Estudio de preinversion a nivel de perfil AICC: Vol. Aspectos G* (Issue Tomo I).
- Banco Central de Reserva del Peru. (2017). *Caracterización del departamento de Cusco*. 1–11.
- Bañón, L., & Bevía, J. F. (2000). Manual de carreteras Volumen 1. *Repositorio.Ua.Ua.Es/Dspace/, 1*, 409. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cal, R., Reyes, M., & Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de transito*.
- Cal y Mayor, Rafael; Cárdenas, J. (1994). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones 7a. Edición*.
- Cárdenas Grisales, J. (2003). *Diseño geométrico de carreteras*. 475.
- Cuba, G. C., & Castañeda, Y. (2018). *Análisis de la problemática del transporte público en el Centro Histórico de Cusco*. 35.
- Cuentas Cárdenas, M. E. (2019). *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO, SEGÚN MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS (HCM 2016) EN LA VÍA PE-3S TRAMO ARCO TICA TICA-IZCUCHACA*. *Hcm 2016*, 103034–103035.
- González Garrido, M. (1999). *Estudio De Velocidades*.
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. In *Journal of Visual Languages & Computing* (Vol. 11, Issue 3). https://www.m-culture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual De Carreteras: Diseño Geométrico*



2018. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(9), 283.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Pande, A., & Wolshon, B. (2016). Traffic Engineering Handbook (7th Edition). *Traffic Engineering Handbook (7th Edition)*, 109–148.

https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpTEHE0002/viewerType:toc//root_slug:viewerType%3Atoc/url_slug:root_slug%3Atraffic-engineering-handbook?kpromoter=federation

Roess, R., Prassas, E., & McShane, W. (2000). Traffic Engineering. In *BT Technology Journal* (Vol. 18, Issue 3). <https://doi.org/10.1023/A:1026701215511>

Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual: Vol.1 Concepts*. <http://hcm.trb.org/?qr=1>

Vicente Vargas, Eric Xavier; Vicente Vargas, V. F. (2017). part 3 Estudio de impacto vial del aeropuerto internacional de Chinchero en la carretera Chinchero-Urubamba de acuerdo con la metodología HCM 2016. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>



Glosario

C

Camino: Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

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

Carril: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

Carril adicional para circulación lenta: Carril adicional situado a la derecha de los carriles principales, que permite desviarse a los vehículos que circulan con menor velocidad para permitir el adelantamiento de vehículos.

D

Distancia de adelantamiento o de paso: Es la mínima distancia que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar u otro que viaja a una velocidad menor con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaje en el sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Distancia de cruce: Longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

Distancia de visibilidad de parada: Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

E

Eje de la carretera: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y obras complementarias.

M



Mejoramiento: Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

N

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

P

Pendiente de la carretera: Inclinación del eje longitudinal de la carretera.

R

Rasante: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

S

Sección transversal: Representación de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, que nombra y dimensiona los elementos que conforman la misma, dentro del Derecho de Vía. Está conformada por los elementos de la carretera, tales como: calzada o superficie de rodadura (constituida por carriles), bermas, taludes, sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, zanja de coronación badenes y otros) y obras complementarias (muros, ductos y cámaras para fibra óptica, elementos del sistema de señalización, seguridad vial e infraestructura para dispositivo de control de tránsito inteligente y otros).

Sector: Parte continúa de un tramo de una vía.

Separador: Espacio o dispositivo estrecho y ligeramente saliente, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente para separar el tránsito de la misma o distinta dirección y dispuesto de tal forma que limite e impida el paso de vehículos entre calzadas o carriles.

T

Tramo: Parte continúa de una carretera.

Tránsito: Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías



terrestres de uso público (Circulación).

V

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

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

Vehículo pesado: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

Velocidad de diseño: Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

Velocidad de operación: Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

Velocidad puntual como tu ex: Es la velocidad de un vehiculó tomado en un punto de la vía

Velocidad de recorrido: Es el cociente que resulta de dividir el espacio andado por un vehículo entre el tiempo que ha tardado en recorrerlo.

Velocidad de marcha: Relación entre la distancia recorrida por un vehículo y el tiempo durante el cual el vehículo ha estado en movimiento al recorrer esa distancia.



Anexos

N°	Acrónimo	Significado
01	AICC	Aeropuerto Internacional Chinchero Cusco
02	TRB	Transportation Research Board
03	HCM	Highway Capacity Manual
04	MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
05	PHF	Factor de Hora Punta
06	VHMD	Volumen Horario de Máxima Demanda
07	FFS	Velocidad a Flujo Libre
08	PTSF	Porcentaje de Tiempo usado viajando en colas
09	TLC	Distancia hacia un obstáculo lateral total
10	ATS	Velocidad Promedio de Viaje
11	PFPS	Porcentaje de la Velocidad a Flujo Libre
12	INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
13	PBI	Producto Bruto Interno
14	BFFS	Velocidad a Flujo Libre Base
15	f_A	Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso
16	f_{LS}	Factor de ajuste por ancho de berma
17	f_{HV}	Factor de ajuste por vehículos pesados
18	f_g	Factor de ajuste por pendiente
19	P_T	Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular
20	P_R	Porcentaje de vehículos recreacionales en el flujo vehicular
21	E_T	Factor de equivalencia en vehículos ligeros para vehículos pesados
22	E_R	Factor de equivalencia en veh ligeros para veh recreacionales
23	f_{np}	Factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase
24	v_i	Volumen de demanda ajustado
25	BPTSF	Porcentaje de Tiempo usado Viajando en Colas Base
26	L_d	Longitud después del largo efectivo del carril de adelantamiento
27	L_t	Longitud total del segmento en análisis
28	L_u	Longitud antes del carril de adelantamiento
29	L_{pl}	Longitud del carril de adelantamiento
30	L_{de}	Longitud afectada después del carril de adelantamiento
31	f_{LW}	Factor de ajuste por ancho de carril
32	f_{LC}	Factor de ajuste por distancia a obstáculos laterales
33	f_M	Factor de ajuste por tipo de mediana
34	f_P	Factor de ajuste por población atípica de conductores