

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**“ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR  
EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N)  
HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL  
DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ,  
DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019”**

**PRESENTADO POR:  
BACH. DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH**

**ASESOR:**

**DR. ING. MILLA VERGARA ELIO ALEJANDRO**

**HUARAZ – ANCASH – PERÚ**

**2023**





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	304

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 300**

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 14 día (s) del mes de

AGOSTO del DOS MIL VEINTITRES, siendo las 09:00 horas, se reunieron el

Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. JOAQUÍN SAMUEL TÁMARA RODRÍGUEZ

PRIMER MIEMBRO : Mag. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA

SEGUNDO MIEMBRO : Ing. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

GERSON CABETH DEL CASTILLO ESPINOZA

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

**"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019".**

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Dr. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA

CO - ASESOR : .....

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

APROBADO —

Siendo las 10:45 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

 <hr style="width: 100%;"/> <p>PRESIDENTE Dr. JOAQUÍN SAMUEL TÁMARA RODRÍGUEZ</p>	 <hr style="width: 100%;"/> <p>SEGUNDO MIEMBRO Ing. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA</p>	
 <hr style="width: 100%;"/> <p>PRIMER MIEMBRO Mag. OSCAR FREDY ALVA VILLACORTA</p>	 <hr style="width: 100%;"/> <p>ASESOR Dr. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA</p>	 <hr style="width: 100%;"/> <p>SUSTENTANTE GERSON CABETH DEL CASTILLO ESPINOZA</p>



ANEXO 1

**INFORME DE ORIGINALIDAD**

El que suscribe: Dr. Elio Alejandro Milla Vergara, Asesor de la tesis titulada: *ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019*. Presentado por *DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH*, DNI N° 47378140, para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil.

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del "Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo" y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **25%** de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Marque con una X
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso	X (25%)
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo	
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Huaraz, 31 de mayo del 2023

  
Elio Alejandro Milla Vergara  
DNI N° 31666219

Se adjunta:

1. Reporte Generado por la plataforma de evaluación de similitud.



NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS GERSON EN REVISIÓN \_26-05-23  
v3.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

**43277 Words**

RECUENTO DE PÁGINAS

**152 Pages**

FECHA DE ENTREGA

**May 29, 2023 9:19 AM GMT-5**

RECUENTO DE CARACTERES

**168211 Characters**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.7MB**

FECHA DEL INFORME

**May 29, 2023 9:22 AM GMT-5****● 25% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## DEDICATORIA

*El presente trabajo realizado está dedicado primeramente a Dios que siempre está con nosotros, a mi madre Olga y madrina María. Debido a que son ejemplos de perseverancia y paciencia, que siempre me alienta a seguir luchando para lograr mis objetivos y crecer como persona.*

*No puede faltar el agradecimiento a mis hermanos: André y Helen siempre han mostrado su apoyo incondicional y confianza.*

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios primeramente por permitirme lograr esta gran etapa de mi vida, darme salud y haberme bendecido con los seres amados que tengo para alcanzar mi objetivo y de su gran infinito amor.

De una manera sincera y especial, gracias a la **Dr. MILLA VERGARA Elio Alejandro**, gracias a su capacidad, confianza y apoyo para liderar mis ideas durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Me gustaría agradecer a los docentes de la **Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo** por sus enseñanzas impartidas, experiencias y valores que enseñan, dentro y fuera de las aulas.

También agradecer a los **miembros del jurado** por sus orientaciones y exigencias en la ejecución del presente trabajo de investigación que han recibido valor agregado para realizar una excelente investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES .....	1
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Situación problemática.....	1
1.1.2 Formulación del problema .....	2
1.1.3 Justificación.....	3
1.1.4 Objetivos .....	5
1.1.5 Hipótesis y variables .....	6
CAPÍTULO II .....	8
MARCO METODOLÓGICO .....	8
<b>2.1 Método, tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Método de investigación .....	8
2.1.2 Tipo de investigación .....	8
2.1.3 Diseño .....	8
<b>2.2 Población y muestra.....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Población.....	8
2.2.2 Muestra.....	9
<b>2.3 Fuentes, métodos y herramientas .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 Fuentes .....	9
2.3.2 Métodos y herramientas .....	9
<b>2.4 Plan de recopilación de información .....</b>	<b>10</b>
2.4.1 Primera etapa: procedimientos preliminares .....	11
2.4.2 Segunda etapa: trabajo de campo.....	11
2.4.3 Tercera etapa: trabajo de gabinete.....	12

<b>2.5 Plan de procesamiento y análisis de la información .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Marco teórico.....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Vías o autopistas urbanas .....	17
3.2.2 Teoría de flujo de tráfico.....	19
3.2.3 Semaforización.....	22
3.2.4 Intersecciones viales.....	31
3.2.5 Análisis vial.....	35
3.2.6 Micro simulación con software Synchro 8.0.....	50
3.2.7 Términos básicos.....	52
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>54</b>
<b>RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 Área de estudio .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 Estudio de condiciones geométricas .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3 Estudio de condiciones de tráfico.....</b>	<b>56</b>
4.3.1 Aforo vehicular en la intersección analizada .....	56
4.3.2 Aforo peatonal en cada intersección analizada .....	64
4.3.3 Estudio de la velocidad de aproximación.....	67
<b>4.4 Estudio de condiciones de semaforización .....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>70</b>
<b>PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>5.1 Estudio de la situación actual y los factores que intervienen en el análisis vial de la intersección .....</b>	<b>70</b>
5.1.1 La intersección avenida Wilcahuaín – jirón Elías Aguirre con la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz. ....	70
5.1.2 Situación actual aplicando el software Synchro 8.0.....	76
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>84</b>
<b>ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....</b>	<b>84</b>
<b>6.1 Alternativa N° 01: Optimización de semáforos con el software Synchro 8.0 84</b>	<b>84</b>
6.1.1 Optimización de semáforo con el software Synchro 8.0, de la situación actual	84

6.1.2 Optimización semafórica proyectado 20 años usando el software Synchro 8.0	86
<b>6.2 Alternativa N° 02: Incremento de carriles para los accesos Norte y Sur utilizando el <i>software</i> Synchro 8.0.....</b>	<b>88</b>
6.2.1 Incremento de carril para los accesos Norte y Sur – escenario Actual .....	88
6.2.2 Incremento de carril para los accesos Norte y Sur – Escenario proyectado a 20 años .....	89
<b>6.3 Alternativa N° 03: Paso a desnivel e incremento de carril para los accesos Norte y Sur con el <i>software</i> Synchro 8.0.....</b>	<b>92</b>
6.3.1 Paso a desnivel e incremento de carril para el acceso Norte y Sur .....	92
6.3.2 Paso a desnivel e incremento de carril para los accesos Norte y Sur – Escenario proyectado a 20 años.....	94
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>95</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
<b>7.1 Situación actual .....</b>	<b>95</b>
<b>7.2 Alternativas de solución.....</b>	<b>96</b>
7.2.1 Alternativa N° 01: Optimización semafórica utilizando el software Synchro 8.0 .....	96
7.2.2 Alternativa N° 02: Incremento de carril en los accesos Norte y Sur aplicando el software Synchro 8.0.....	97
7.2.3 Alternativa N° 03: Paso a desnivel e incremento de carril en los accesos Norte y Sur aplicando el software Synchro 8.0.....	98
<b>CAPÍTULO VIII .....</b>	<b>100</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>8.1 Conclusiones .....</b>	<b>100</b>
<b>8.2 Recomendaciones .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>105</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Semáforos peatonales que indican de la localización de las ondas sonoras. .....	25
<b>Figura 2</b> Fases y diagrama de fases de una intersección semaforizada .....	26
<b>Figura 3</b> Intervalo de cambio de fases .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Intervalo de cambio de fase</i> .....	27
<b>Figura 5</b> <i>Intersección a desnivel</i> .....	32
<b>Figura 6</b> Intersección de tres ramales.....	34
<b>Figura 7</b> <i>Intersección de tres ramales</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Metodología de análisis de intersecciones señalizadas.</i> .....	36
<b>Figura 9</b> <i>Agrupaciones típica de grupos de carriles</i> .....	38
<b>Figura 10</b> <i>Escenario de entrada del programa</i> .....	51
<b>Figura 11</b> <i>Toma satelital de la intersección analizada</i> .....	54
<b>Figura 12</b> <i>Condiciones geométricas de la intersección</i> .....	55
<b>Figura 13</b> <i>Personal capacitado para el aforo vehicular</i> .....	57
<b>Figura 14</b> <i>Ficha de aforo vehicular</i> .....	58
<b>Figura 15</b> <i>Volumen vehicular</i> .....	59
<b>Figura 16</b> Comparación del volumen vehicular en HP .....	62
<b>Figura 17</b> <i>Flujograma de hora Pico</i> .....	63
<b>Figura 18</b> Aforo peatonal en la intersección .....	65
<b>Figura 19</b> Ficha de aforo peatonal.....	66
<b>Figura 20</b> Diagrama de Tiempos de Fase de la Intersección .....	68
<b>Figura 21</b> <i>Gráfico de fases de la intersección N° 1 y 2</i> .....	71
<b>Figura 22</b> <i>Trazo de intersección analizada en el mapa de la ventana del programa</i> .....	77
<b>Figura 23</b> <i>Configuración de geometría por carril (Lane Settings)</i> .....	78

<b>Figura 24</b>	<i>Configuración de volumen (Volume Settings) de la intersección.....</i>	79
<b>Figura 25</b>	<i>Configuración de intersección o nodo (Node Settings).....</i>	80
<b>Figura 26</b>	<i>Configuración de tiempos (Timing Settings).....</i>	81
<b>Figura 27</b>	<i>Configuración de fases (Phasing Settings).....</i>	82
<b>Figura 28</b>	.....	83
<b>Figura 29</b>	<i>Intersección sin optimizar .....</i>	84
<b>Figura 30</b>	<i>Intersección optimizada.....</i>	85
<b>Figura 31</b>	.....	86
<b>Figura 32</b>	<i>Intersección optimizada proyectada.....</i>	87
<b>Figura 33</b>	<i>Incremento de carril en la avenida Centenario, dirección N-S y S-N. Escenario actual.....</i>	88
<b>Figura 34</b>	<i>Nivel de servicio del escenario actual en la intersección. ....</i>	89
<b>Figura 35</b>	<i>Factor de Utilización (ICU) de la intersección. Escenario actual.....</i>	89
<b>Figura 36</b>	<i>Incremento de carril en la avenida Centenario, dirección N-S y S-N. Escenario proyectado a 20 años. ....</i>	90
<b>Figura 37</b>	<i>Nivel de servicio de la intersección. Escenario actual.....</i>	91
<b>Figura 38</b>	<i>Factor de Utilización (ICU) de la intersección. Escenario proyectado a 20 años .....</i>	91
<b>Figura 39</b>	<i>Incremento de carril y paso a desnivel en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz.....</i>	92
<b>Figura 40</b>	<i>Simulación de la intersección paso a desnivel, Escenario Actual .....</i>	93
<b>Figura 41</b>	.....	93
<b>Figura 42</b>	<i>Volumen vehicular total por movimiento .....</i>	95
<b>Figura 43</b>	<i>Nivel de servicio, situación actual.....</i>	96

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables. ....	7
<b>Tabla 2</b> Objetivos, métodos y herramientas usados. ....	10
<b>Tabla 3</b> <i>Factores de ajuste por presencia de vehículos pesados</i> .....	29
<b>Tabla 4</b> <i>Tipos de Intersecciones a Nivel</i> .....	35
<b>Tabla 5</b> <i>Datos de entrada necesarios para el análisis vial</i> .....	37
<b>Tabla 6</b> <i>Niveles de servicio para intersecciones según las demoras</i> .....	50
<b>Tabla 7</b> <i>Datos Complementarios de la geometría de la intersección</i> .....	56
<b>Tabla 8</b> <i>Total de vehículos por día</i> .....	59
<b>Tabla 9</b> <i>Resumen de aforo en volúmenes mixtos por acceso en la intersección</i> .....	60
<b>Tabla 10</b> <i>Porcentaje de vehículos en horas pico en la intersección</i> .....	61
<b>Tabla 11</b> <i>Cantidad de paradas y maniobras de estacionamiento</i> .....	64
<b>Tabla 12</b> <i>Resumen de aforo peatonal por acceso de la intersección</i> .....	66
<b>Tabla 13</b> <i>Velocidad de aproximación</i> .....	67
<b>Tabla 14</b> <i>Duración de Fases de la intersección</i> .....	68
<b>Tabla 15</b> <i>Datos complementarios de fases de la intersección N° 1</i> .....	69
<b>Tabla 16</b> <i>Resumen de parámetros optimizados</i> .....	85
<b>Tabla 17</b> <i>Resumen de parámetros optimizados</i> .....	87
<b>Tabla 18</b> <i>Resultados de la situación actual</i> .....	96
<b>Tabla 19</b> <i>Comparación de parámetros alternativa 1</i> .....	97
<b>Tabla 20</b> <i>Resumen alternativa 1</i> .....	97
<b>Tabla 21</b> <i>Resumen Alternativa 2</i> .....	98
<b>Tabla 22</b> <i>Resumen Alternativa 3</i> .....	98
<b>Tabla 23</b> <i>Resumen de resultados de las alternativas de mejora como alternativas de solución analizadas por el software Synchro V.8.</i> .....	99

## RESUMEN

La investigación de la intersección para mejorar el flujo vehicular en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcashuán, tiene como objetivo proponer alternativa de solución, con el apoyo del software libre Synchro 8.0. El presente trabajo de investigación es descriptivo con diseño no experimental–transversal por lo que no se manipuló las variables. La población está conformada por todos los puntos de intersección vial semaforizada en el distrito de Independencia y la muestra se tiene la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con avenida Wilcashuán, la cual fue elegida por ser parte de una intersección crítica de alto congestionamiento vehicular en el distrito de Independencia por converger una vía nacional y urbana. Para recolectar datos acerca del aforo vehicular, las condiciones geométricas de las vías que conforman la intersección y tiempos del semáforo y la capacidad de flujo vehicular, velocidad y densidad se utilizaron los siguientes instrumentos: cuadro de datos, registro de tráfico, *software* Synchro; ficha de registro vehicular y peatonal, registro de tráfico; ficha de registro de velocidades de flujo. Los resultados nos permiten concluir que al analizar la situación actual de la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz y la avenida Wilcashuán, tanto con la metodología de HCM (2010) y con el *software* Synchro 8.0, se observa que operan con nivel de servicio D; es decir, desfavorablemente. La relación de  $v/c$  es alta y se presenta congestionamiento vehicular. Ante esta situación, la alternativa de solución consiste la ampliación de carril y el paso a desnivel. En esta propuesta en la dirección norte-sur y sur-norte genera un flujo libre no semaforizada, evaluando que el giro a la derecha solo representa el 12% los giros a la derecha del movimiento general. Se determinó deprimir los carriles centrales de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con el fin de no converger la vía nacional con la urbana, obteniendo en el nivel de servicio una mejora tipo A, no existiendo ya la intersección analizada.

**Palabras clave:** flujo vehicular, congestión vehicular, análisis vial, *software* Synchro 8.0.

## ABSTRACT

The investigation of the intersection to improve the vehicular flow on the highway (PE-3N) Huaraz-Caraz with Wilcashuáin avenue, aims to propose an alternative solution, with the support of the free software Synchro 8.0. The present research work is descriptive with a non-experimental-transversal design, so the variables were not manipulated. The population is made up of all the traffic light intersection points in the Independencia district and the sample is the intersection of the highway (PE-3N) Huaraz-Caraz with Wilcashuáin avenue, which was chosen for being part of a critical intersection. of high traffic congestion in the district of Independencia due to the convergence of a national and urban road. To collect data about vehicle capacity, the geometric conditions of the roads that make up the intersection and traffic light times, and the capacity of vehicular flow, speed, and density, the following instruments were used: data chart, traffic record, Synchro software; vehicle and pedestrian registration form, traffic registration; flow rate record sheet. The results allow us to conclude that when analyzing the current situation of the intersection of the highway (PE-3N) Huaraz-Caraz and Wilcashuáin avenue, both with the HCM (2010) methodology and with the Synchro 8.0 software, it is observed that they operate with service level D; that is, unfavorably. The v/c ratio is high and there is traffic congestion. Faced with this situation, the alternative solution consists of widening the lane and the overpass. In this proposal, in the north-south and south-north direction, it generates a free flow without traffic lights, evaluating that the turn to the right only represents 12% of the turns to the right of the general movement. It was determined to depress the central lanes of the Huaraz-Caraz highway (PE-3N) in order not to converge the national road with the urban one, obtaining a type A improvement in the level of service, since the analyzed intersection no longer exists.

**Keywords:** traffic flow, traffic congestion, road analysis, Synchro 8.0 software.

## INTRODUCCIÓN

Es evidente cada vez más el aumento del parque automotor que se vienen mostrando con largas colas de espera en la ciudad de Huaraz que se ve reflejado en el distrito de Independencia donde se une la vía nacional con la vía urbana, así como también en las demás ciudades, se está expandiendo y enfrentando diferentes dificultades. Sin embargo, al igual que otras ciudades de nuestro país, es un problema que se viene enfrentando, es el congestionamiento vehicular por la ausencia de decisión política y planes de desarrollo en el sistema de transporte e infraestructura vial.

En nuestra ciudad las autoridades a cargo, no priorizan adecuadamente sistema de transporte pese a que es evidente. Como resultado, hay mucho tráfico y niveles de servicio bajos en muchas intersecciones, como la avenida centenaria. Por esto se desarrolló la presente investigación, su objetivo es mejorar el flujo vehicular en la intersección de estudio, a partir de un análisis vial teniendo en cuenta que el congestionamiento vehicular de una ciudad refleja en su sistema de transporte, siendo de las vías más transitadas la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con avenida Wilcaguaín, que es el ingreso al Callejón de Huaylas y lugares turístico.

Se despliegan un total de ocho capítulos donde se detalla en el capítulo I la problemática presentada en la intersección vial, justificación objetivos, hipótesis y variables, en el capítulo II se presenta la metodología de la investigación, seguidamente el capítulo III las bases teóricas para el desarrollo de la investigación, los antecedentes donde se describe las bases, luego el capítulo IV se desarrolla la recopilación de información de la intersección elegida, se procedió a la visita a la zona con la finalidad de recopilar información de la intersección como la pendiente, estacionamiento, ancho de carril, zonificación y uso de suelo. Asimismo, se realizó un estudio de la situación del tráfico. Para ello, se realizó el conteo vehicular y peatonal

adecuado, se observaron los movimientos permitidos de cada dirección en la intersección, además se estudió la velocidad de aproximación y también para determinar el periodo de tiempo de las luces rojo, ámbar y verde, se examinaron las condiciones semaforicas de la intersección, en el capítulo V se realiza el procesamiento de la información con la metodología HCM (2010) y con la ayuda del *software* Synchro v8.0 , donde la capacidad de las intersecciones, las demoras y el nivel de servicio se evalúan en las circunstancias actuales, luego se desarrolla en el capítulo VI teniendo las condiciones actuales se proponen tres soluciones, alternativas que deben implementarse lo más pronto y se enfocan principalmente en mejorar el nivel de servicio, en el capítulo VII se presentan los resultados del análisis vial analizadas con una proyección de 20 años el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con avenida Wilcahuaín, dado que las soluciones sugeridas reducirían las largas colas, la congestión, los retrasos y mejorarían el nivel de servicio, y en el capítulo VIII las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1 Situación problemática

Actualmente, es un problema el congestionamiento vehicular de suma importancia a escala mundial. Representa para la calidad de vida una seria amenaza.

En la ciudad de Huaraz, cada vez más está más claro que el tráfico es un problema. Para trasladarse de un lugar a otro la necesidad de las personas se ve afectada porque lleva más tiempo a su lugar de destino. Otros efectos negativos de la congestión del tráfico incluyen una disminución de la salud de los habitantes, el daño al medio ambiente, las pérdidas económicas resultado del tiempo que perdemos esperando en la cola o los retrasos provocados por los semáforos. Por lo tanto, se deben tomar medidas de para abordar este problema.

Por otro lado, en los últimos años es evidente la crecida desmesurada del parque automotor, que es uno de los principales contribuyentes a las largas colas, ha estado influido por el aumento del poder adquisitivo en la población y las comodidades que ofrecen las empresas de vehículos.

Actualmente, la intersección de la carretera Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín representa una intersección semaforizada crítica, haciendo para el tránsito de vehículos un circuito problemático. La observación directa ha confirmado que el cruce en estudio actualmente forma parte de dos vías de acceso al centro de Huaraz.

La intersección comprendida entre la carretera Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín refleja el inicio del congestionamiento vehicular, ya que en ambas direcciones de la carretera Huaraz-Caraz operan vehículos de diversas empresas de transporte público, interprovincial, además de los vehículos particulares y pesados.

Además, se observa que la intersección tiene movimientos y giros a la izquierda que se oponen al paso de peatones. También, no hay suficientes señales de dirección porque es obvio que las personas recogen pasajeros cerca de la intersección, lo que genera retrasos, filas y reducción de la velocidad, todo lo cual afecta el flujo vehicular.

Dado el tema en cuestión, se sugirió que la presente investigación analice la situación y realice sugerencias alternativas en la intersección para mejorar el flujo vehicular, con base en un análisis exhaustivo y el uso de *software* especializado.

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el Análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019?

#### **1.1.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuál es la situación actual realizando el análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) con la avenida Wilcaguaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash,2019?
2. ¿Cuáles son los factores que intervienen en el análisis vial para mejorar el flujo vehicular de la intersección en la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) con la avenida Wilcaguaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash,2019?
3. ¿Cómo influyen los resultados del análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019?

### **1.1.3 Justificación**

La presente tesis ofrece sugerencias para mejorar la movilidad de quienes viajan hacia y desde Huaraz. Como resultado, habrá menos congestión en el cruce de la Avenida Wilcahuacán con la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) del distrito de Independencia.

El estudio busca mejorar el flujo vehicular que se crea en las horas pico para lograr en el medio ambiente un impacto positivo. Para demostrar sugerencias de la situación actual para mejorar el nivel de servicio y lograr una gestión eficaz del tráfico, es necesario integrar y evaluar múltiples teorías, así como para la simulación el software Synchro 8.0, que nos permite evaluar el estado en el que se encuentra la intersección.

Con esta investigación, esperamos fortalecer los aspectos teóricos y prácticos de mejorar el flujo vehicular mientras también desarrollamos un sistema de control de tráfico existente. Esto puede influir favorablemente en los siguientes factores:

- a. Social:** La investigación beneficiará a la comunidad de Independencia al mejorar el flujo de vehículos, disminuyendo así la duración del tiempo de viaje y brindando información actualizada sobre las condiciones del tráfico en la población.
- b. Económica y ambiental:** Debido a que acelerará el tráfico hacia y desde Huaraz, aumentará la productividad y reducirá el consumo de combustible, tiene sentido tanto según el punto de vista de medio ambiente y económico.
- c. Turismo:** La investigación permite un beneficio para el turismo porque reducirá los tiempos de desplazamiento a las zonas turísticas y arqueológicas del Callejón de Huaylas. De esta manera se logrará una satisfacción de los turistas.
- d. Académica:** Permite que la generación del conocimiento requerido para la investigación y el desarrollo de la gestión de tráfico capte la atención de los

académicos y la industria automotriz, así como el potencial para implementar regulaciones y estándares para mejorar y optimizar.

La propuesta es una forma diferente para los transeúntes que mejora la calidad de vida, brindándoles un acceso más rápido a los lugares de gran concentración de servicios (como centros de salud, educación y oportunidades laborales) y los atractivos turísticos del Callejón de Huaylas.

#### 1.1.3.1 Alcances y limitaciones

##### **Alcance**

Se centra el trabajo presente de investigación en el análisis vial en la intersección de la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) y la avenida Wilcahuaín. El objetivo es mejorar en la intersección en estudio, el flujo vehicular considerando la infraestructura vial existente, incluidos características geométricas de cada vía que comprende la intersección, los semáforos y las señalizaciones.

Se utilizó la metodología HCM 2010 a fin de encontrar el nivel de servicio en la intersección de estudio. La proyección de tráfico futuro a 20 años se realizó considerando el entorno actual.

De manera similar, este proyecto ofrece en la intersección las mejores alternativas posibles de mejora para el flujo de tráfico, tanto ahora como en el futuro.

Para micro simulación se utilizó el *programa* libre Synchro 8.0, a fin de obtener una mayor visualización de su comportamiento y flujo vehicular.

##### 1.1.3.2 Limitaciones

El estudio actual se realizó durante seis meses en 2019. Fue desarrollado en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, en el punto de intersección de la Avenida Wilcahuaín y la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz. Por lo tanto, se limita a las condiciones de tráfico de la zona en estudio.

El análisis de 14 horas por día, tres días a la semana, a partir de las 7:00hr a 21:00hr, resultó en la recolección de datos de conteo de vehículos junto a sus características geométricas de cada vía, semáforos y señalización de la intersección en estudio, considerando para los accesos en la intersección el aforo vehicular. Esto se hizo con la finalidad de ofrecer sugerencias para mejorar el flujo de vehicular.

### 1.1.3.3 Contexto

#### Ubicación

La intersección analizada es la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín en el distrito de Independencia.

Se ubica:

- ✓ Departamento: Ancash
- ✓ Provincia: Huaraz
- ✓ Distrito: Independencia

### 1.1.4 Objetivos

#### 1.1.4.1 Objetivo general

Determinar el análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.

#### 1.1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer la situación actual realizando el aforo vehicular a partir del análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.
- Determinar los niveles de servicio vehicular para que se presenta en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín en el

análisis vial para mejorar el flujo vehicular, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.

– Proponer alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular, a partir de un análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.

### ***1.1.5 Hipótesis y variables***

#### **1.1.5.1 Hipótesis**

##### **Hipótesis general**

El análisis vial mejora el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la Av. Wilcaguaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.

##### **Hipótesis secundarias**

1. Determinando el aforo mejora el flujo vehicular de la situación actual con el análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.
2. Realizando el análisis vial para la mejora del flujo vehicular se encuentra el nivel de servicio en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.
3. Existe la alternativa de solución para mejorar el flujo vehicular de los resultados obtenidos del análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.

### 1.1.5.2 Variables

#### Variable independiente:

Análisis vial

#### Variable dependiente:

Mejorar el flujo vehicular

#### 1.1.5.2.1 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables.*

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Indicadores
Análisis vial de la intersección.	Se basa en el estudio detallado para conocer el comportamiento o y las características del tránsito.	Método para determinar las <b>condiciones de tráfico, geometría y semáforo.</b>	Condiciones geométricas	Pendiente Número de carriles Longitud de carril Zonificación Estacionamiento o Parqueo
			Condiciones de tránsito	Factor de hora pico Volumen de Demanda
			Condiciones semafóricas	Longitud de ciclo Tiempo de verde Efectivo Tiempo de ámbar Tiempo de "todo rojo"
<b>Mejorar el flujo Vehicular</b>	Detalla la forma como transitan los vehículos	Se determinará los aspectos elementales del flujo vehicular que son <b>la Velocidad, la tasa de flujo y la densidad.</b>	Tasa de flujo	Volumen ajustado
			Velocidad	Ciclo óptimo Capacidad Grado de Saturación
			Densidad	Demoras Nivel de servicio

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Método, tipo y diseño de investigación

##### 2.1.1 Método de investigación

- El método de investigación es deductivo, debido a que se inició con la determinación general de los aforos, para identificar la hora punta y se desarrolló el análisis vial.
- Orientación aplicada, por la metodología de análisis.
- Enfoque cuantitativo, dado que las variables se cuantifican de acuerdo a la metodología.

##### 2.1.2 Tipo de investigación

- Investigación descriptiva porque permite ordenar el resultado de las observaciones de los aforos vehiculares, ciclo de semáforo y características de la intersección vial.
- Nivel descriptivo y explicativo, dado que se representaron la metodología del análisis vial, para determinar el nivel de servicio.

##### 2.1.3 Diseño

- No experimental, porque no existe manipulación de las variables.
- Transversal porque se obtendrán datos en un momento determinado, en el que se describirán las variables y se analizará su relación en ese momento.
- Prospectivo en el sentido de que examinó en la intersección de estudio el flujo vehicular a futuro.

#### 2.2 Población y muestra

##### 2.2.1 Población

Está conformada la población por las intersecciones semaforizadas en el distrito de independencia, para este trabajo de investigación.

### **2.2.2 Muestra**

No paramétrica, conformada por la intersección semaforizada de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con avenida Wilcahuaín, perteneciente al distrito de Independencia la cual fue elegida por ser el punto más crítico de congestiónamiento vehicular en el distrito.

## **2.3 Fuentes, métodos y herramientas**

### **2.3.1 Fuentes**

Se emplearon como medio de información primaria en el lugar de estudio las entrevistas y observaciones directas y como medio de información secundaria, aquellas que brindaban información ya existente, o elaborada, relacionado al tema que se está investigando (Libros, revistas, informes, páginas web).

### **2.3.2 Métodos y herramientas**

Los métodos utilizados se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2***Objetivos, métodos y herramientas usados.*

Objetivos	Método	Dato a obtener	Herramienta
Determinar el análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	Análisis de información	Condiciones óptimas de longitudes de ciclo	Cuadro de datos, Registro de tráfico, <i>software</i> Synchro.
Establecer la situación actual realizando el aforo vehicular a partir del análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	Técnica en área de estudio	Condiciones geométricas de tránsito y de semaforización	Ficha de registro vehicular y peatonal, observación directa, registro de tráfico.
Determinar los niveles de servicio vehicular para que se presenta en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín en el análisis vial para mejorar el flujo vehicular, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	Técnica en área de estudio	Capacidad de flujo, velocidad, densidad	Ficha de registro de velocidades de flujo.
Proponer alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular, a partir de un análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	Análisis de información	Mejoramiento del flujo vehicular	Tablas de datos obtenidos, <i>software</i> Synchro.

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## 2.4 Plan de recopilación de información

El procedimiento de recopilación de datos comprendió la ejecución de cada

acción de las siguientes etapas:

#### **2.4.1 Primera etapa: procedimientos preliminares**

Se desarrolla en esta etapa un procedimiento preliminar, que se describe en los siguientes pasos:

##### **2.4.1.1 Paso 1: Recopilación de información**

- Formatos de observación, igual que la herramienta de medida, para ser aplicados en el momento de aforo vehicular para identificar los movimientos y tipos de vehículos que transitan en las vías en ambos sentidos.
- Formatos para identificación para la condición geométrica de calzada, berma y velocidad de flujo.
- Se desarrolló un flujograma de dicha intersección de estudio.

##### **2.4.1.2 Paso 2: Organización**

- Primeramente, para recolectar la información necesaria se conformó dos equipos de trabajo.
- Luego, se capacitaron a los equipos de trabajo, sobre los datos y cómo registrar el formato volumétrico del vehículo y la geometría del área de estudio.
- Seguidamente, para realizar el aforo vehicular en cada sentido se ubicó los grupos en zonas estratégica.
- Por último, se facilitó los formatos para el registro de datos.

#### **2.4.2 Segunda etapa: trabajo de campo**

En esta etapa se desarrolla el procedimiento descrito en los siguientes pasos:

##### **2.4.2.1 Paso 1: Condiciones geométricas y de señalizaciones**

- Se identificó la zonificación en la intersección de estudio.
- Seguidamente se efectúa tanto en sentido este a oeste y norte a sur, el registro de medidas de las calzadas, bermas y pendientes.

- Luego se identificó la localización de paraderos y señales de tránsito.

#### 2.4.2.2 Paso 2: Aforo vehicular

- En la intersección de estudio se llevó a cabo el aforo vehicular por medio del método manual y mecánico, utilizando formatos de registro y cámara de video.
- Se ubicó al personal capacitado en zonas estratégicas para tener una mayor visualización de los movimientos en la intersección.

#### 2.4.3 Tercera etapa: trabajo de gabinete

##### 2.4.3.1 Paso 1: Evaluación de los datos recopilados en el área de estudio

- El parámetro de diseño iniciales se determinó usando datos obtenidos de geometría, zonificación y designaciones.
- Con la recolección de datos obtenidos del conteo vehicular se procedió con la clasificación de vehículos y determinación de los movimientos permitidos.
- Se determina los volúmenes máximos en periodos de 15 min, con la información de aforo vehicular realizado.

## 2.5 Plan de procesamiento y análisis de la información

Luego de haber realizado en la intersección de estudio el aforo vehicular, se continuó a clasificar, organizar y mostrar los datos para el procesamiento respectivo utilizando del software Excel. Por último, se realizó una micro simulación con el *software* Synchro 8.0.

Para procesar los datos consistió con lo siguiente:

- Identificación de la característica geométrica
- Determinación del Factor de hora pico (PHF) y el Volumen horario de máxima Demanda (VHMD)
- Ajuste de la demanda
- Ajuste de la oferta

- Determinar el Grado de Saturación por acceso y el Nivel de Servicio
- Micro simulación
- Propuesta de alternativas de solución óptimas.

## **2.6 Análisis e interpretación de resultados**

Se presentan los resultados en forma de un cuadro detallado para su análisis, comparación e interpretación adecuada para contrastar las hipótesis y generar discusión para la formulación de conclusiones.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Baeza y Martínez (2012). Desarrollaron la tesis *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000: caso cerro del agua/Ingeniería*.

El objetivo es determinar la capacidad y nivel de servicio de una intersección semaforizada mediante la aplicación de la metodología del análisis operacional del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000). La metodología se centra en conocer la capacidad y el nivel de servicio para las circunstancias actuales, que son variables que las modifican. En el nivel de servicio evalúa utilizando la demora promedio por vehículo (segundos por vehículo), mientras que la capacidad se evalúa utilizando la relación entre la tasa de flujo de demanda (volumen) y la capacidad, o la relación v/c. (p.1).

La investigación pretende establecer la aplicabilidad de la metodología con la ayuda de los programas Synchro, sidra y hcs 2000 y concluye que:

El contenido de la investigación sirve como base para la creación de la planificación del sistema de tráfico urbano, lo que permite la interacción entre las distintas partes del tráfico y da como resultado un modo de transporte eficaz y seguro. La tesis contempla tanto el uso de software especializado como la aplicabilidad de la metodología descrita en el HCM 2000. Con el desarrollo de esta tesis se abre espacio para el desarrollo de metodologías de intersecciones señalizadas aplicadas al estado actual de las vías en México, que permitirá establecer niveles de servicio y capacidad para las condiciones reales de operación. (p.151).

Llanes (2014). Desarrolló la tesis *Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México*.

El objetivo de la investigación estima el flujo de saturación base en intersecciones semaforizadas de la Ciudad de México, siguiendo las normas del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000), a fin de esgrimirlo en el cálculo de la capacidad y niveles de servicio de vialidades de México. Asimismo, comparar los resultados obtenidos con investigaciones anteriores en otros países del mundo incluyendo el de Estados Unidos de América, para desarrollar una relación empírica y estimar la intensidad del tránsito, el flujo de saturación y obtener mejores niveles de servicio y capacidad (p.10).

Esta investigación se obtuvo un valor de flujo de saturación representativo para las condiciones prevalecientes en México, adaptándose a la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras; además, muestra información necesaria para realizar un análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas. Con la estimación representativa para México del flujo de saturación, será más fácil incrementar la información en que se sustente un criterio en toma de decisiones respecto de evaluación de proyectos, diseño de intersecciones a nivel y desnivel, justificación de colocación de semáforos y cálculo de tiempos (Llanes, 2014, p.112).

Otero (2015). Desarrolló la tesis *Alternativa de solución vial a la intersección de la avenida A. Cáceres y avenida Ramón Múgica, Piura*. En él, utiliza las metodologías más recientes para analizar la capacidad y los niveles de servicio en un esfuerzo por encontrar una manera de aliviar el tráfico en esa zona. Como resultado de los malos niveles de servicio y las altas tasas de demora, sugirió varias alternativas de diseño geométrico como soluciones parciales al problema mencionado. El uso de una rotonda, un paso elevado y la ampliación de los carriles son algunas de las soluciones

sugeridas. Cada una de las sugerencias fue simulada con la ayuda del software de modelado Synchro para luego evaluar sus beneficios e inconvenientes. Y determinó que el paso elevado era la mejor solución alternativa porque ofrecía una relación v/c más alentadora, niveles de servicio más altos, mejor protección para los peatones y una mejor funcionalidad para las proyecciones de tráfico en el futuro.

Avilés (2018). Desarrolló la tesis *Evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grohmann, utilizando Synchro V.8 – Tacna, 2018*. En ella realiza un análisis de capacidad y niveles de servicio, con metodologías vigentes,

para así encontrar la solución ante la congestión en dicha zona. El resultado alcanzado fue alta latencia y muy bajos niveles de servicio, por lo que continuó proponiendo diversas alternativas de diseño geométrico como soluciones parciales a los problemas antes mencionados. Las propuestas incluyeron ampliación de carriles, rotondas y pasos elevados, cada uno simulado con la ayuda del software de modelado *Synchro 8.0*.

Rondoño (2018). Llevó a cabo la investigación *Análisis vial en las intersecciones de la avenida Luzuriaga y San Martín con la avenida Raymondi – Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular*. En él, se realizó un análisis vial para mejorar el flujo de vehículos, para lo cual se propusieron alternativas de solución con criterios de eficiencia funcional, es decir, intentar reducir las demoras y mantener un flujo continuo. Llevar a cabo investigaciones sobre las variables que afectan el flujo de tráfico, incluido el tráfico, la señalización y la geometría. Al evaluar la situación actual, se encontró que estas intersecciones operan cerca del 100% de su capacidad. Para ello, utilizando el software Synchro 8.0, un nuevo diseño y optimización de la fase del semáforo y la coordinación de las dos intersecciones analizadas revelaron una red continua de ondas verdes en la vía. Tiene en cuenta la capacidad de los vehículos

en las intersecciones, así como la geometría de las vías, arcenes, semáforos y señales. En su análisis, utilizando la metodología HCM 2010 y el software Synchro 8.0, concluyó que la intersección entre la Avenida Raymondi y la Avenida Luzuriaga y la Avenida San Martín actualmente se encuentra operando en un nivel de servicio "C". Esto indica que funciona satisfactoriamente, y esto se debe a dos razones: en primer lugar, por la sincronización periódica del semáforo, y en segundo lugar, por los largos ciclos individuales. En su caso, sí, pero el resultado es un nivel de servicio más bajo y posiblemente una falla de un solo ciclo.

### **3.2 Marco teórico**

Seis conceptos clave se incluyen dentro del marco teórico en la presente tesis: vías urbanas, teoría del flujo de tráfico, semáforos, intersecciones de carreteras, análisis de carreteras y para la micro simulación con el programa Synchro 8.0. Cada uno de ellos se describe a continuación.

#### ***3.2.1 Vías o autopistas urbanas***

Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010). Se clasifican según la función que prestan en:

##### **a) Vía expresa o autopista de 1era clase**

Es la vía que “permite conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p.39).

Eventualmente, el transporte público de pasajeros será por intermedio de autobuses en carriles separadas con paraderos en los intercambios. “En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones”

(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p. 39).

#### **b) Vía arterial o autopista de clase**

Es una vía que “permite conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p. 40).

Es una vía que necesita integrarse al sistema de autopistas, asegurando una buena distribución del tráfico y distribución a las vías colectoras y locales. “En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usa para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p. 40)

#### **c) Vías colectoras**

Son aquellas que “sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p.40).

El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. “El estacionamiento de vehículos se realiza en áreas adyacentes, destinadas especialmente a este objetivo. Se usan para todo tipo de vehículos”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p.40)

#### **d) Vías locales**

Son aquellas que “tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p. 40)

### 3.2.2 Teoría de flujo de tráfico

Para comprender el comportamiento y las características del tráfico, los ingenieros en el campo pueden utilizar una herramienta llamada teoría del flujo de tráfico. Esto implica crear conexiones matemáticas entre los componentes básicos del tráfico vehicular, como el flujo, la velocidad y densidad. Dentro de ello se estudian los tipos de flujo de tráfico y los parámetros de flujo de tráfico (Tarquino, 2010, citado por Rondoño, 2018, p.17).

#### 3.2.2.1 Tipos de flujo de tráfico

Dos categorías describen mejor el flujo de tráfico. Si podemos distinguir los tipos de procesos que ocurren en una situación dada, será más fácil resolver qué metodología de análisis y descripción es el más apropiado. Se incluyen varios tipos de flujo:

##### a) Flujo continuo o ininterrumpido

Es aquella en la que un vehículo que circula por una carretera se ve obligado a detenerse únicamente por una situación ajena al tráfico, como un semáforo. El vehículo se detiene cuando ocurre un accidente, cuando llega a un lugar establecido, cuando se detiene en un alto, etc.

El flujo continuo de tráfico no se ve interrumpido por factores externos en las carreteras que exhiben esta propiedad, como los semáforos.

En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de tránsito (Leonardo, 2017, pp. 6-7).

##### b) Flujo discontinuo o interrumpido

Es característica de las vías urbanas, donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, siendo una de estas los controles de tránsito de las intersecciones como son los semáforos, los ceda el paso, etc. (Leonardo, 2017, p. 7)

Una vía con características de bloqueo de flujo que tiene características fijas que bloquean el flujo vehicular. En esos elementos se incluyen los semáforos, las señales de alto y cualquier otro dispositivo de control del tránsito, cuya presencia origina la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de su velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes. (Leonardo, 2017, p. 7)

### 3.2.2.2 Parámetros de flujo de tráfico

- **Flujo (q)**

“Es la tasa horaria equivalente en la cual transitan los vehículos por un punto de la vía durante un periodo menor a una hora (normalmente medidos en periodos de 15 minutos y luego extrapolados a una hora)” (Tarquino, 2010, citado por Rondoño, 2018, p. 18).

Puede determinarse mediante:

$$q = \frac{n \times 3600}{T} \text{ veh/h} \dots \dots \dots \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

n = Número de vehículos que transitan por un punto de la vía en T segundos.

q = Flujo horario equivalente.

- **Velocidad (V)**

Es “la rapidez del movimiento expresada en términos de distancia recorrida por unidad de tiempo, generalmente en millas por hora (mi/h)” (Romana, Nuñez, Martínez, y Diez de Arizaleta, 2017, p.157). Para la velocidad media existen dos tipos:

- ✓ **Velocidad media temporal**

Es la media aritmética de la velocidad observada de los vehículos que circulan por un punto dado de la carretera. “También se puede referir a ella como la velocidad puntual, ya que para calcularla se tomarán las velocidades individuales de los vehículos

que atraviesan por un punto fijo” (Romana et al., 2017, p.157).

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \dots \dots \dots \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

n = Número de vehículos que transitan por un punto de la vía.

V<sub>i</sub> = Velocidad del vehículo iésimo (m/seg).

### ✓ **Velocidad media espacial**

Es la media armónica de las velocidades de los vehículos que transitan por un punto de la vía durante un intervalo de tiempo. “Se obtiene al dividir la distancia total recorrida por dos o más vehículos para que recorran esta distancia. Esta es la velocidad que interviene en las relaciones de flujo-densidad” (Rondoño, 2018, p.19).

La velocidad media será:

$$u_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (\frac{1}{u_i})} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots \dots \dots \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

n = Número de vehículos que transitan por un punto de la vía.

t<sub>i</sub> = Tiempo que le toma al vehículo iésimo recorrer

un tramo de la vía (seg). u<sub>i</sub> = Velocidad del vehículo

iésimo (m/seg).

L = Longitud del tramo de la vía (m)

### • **Densidad o concentración (K)**

Es la “cantidad de vehículos “N” que abarca en una longitud “d”, de una vía en un momento determinado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro, ya sea referido a un carril o todos los carriles de una calzada” (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 283).

$$K = \frac{N}{d} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

N = Número de vehículos

d = Longitud específica de una vía

### 3.2.3 *Semaforización*

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos creados particularmente a fin de simplificar el monitoreo del tráfico de vehículos y peatones a través de señales visuales de luces de colores reconocidos: verde, amarillo y rojo. “Su finalidad principal es la de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible” (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 436).

#### ✓ **Ventajas**

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007, p. 437):

- Organiza el flujo de tráfico y con frecuencia, aumenta la capacidad de las calles mediante la asignación adecuada del derecho de uso de una intersección.
- Disminuye el número de tipos de accidentes.
- Para mantener un flujo continuo o casi continuo se pueden sincronizar a una velocidad constante en una dirección específica con la ayuda de un espacio favorable. Esa velocidad constante debe reducirse en algunas circunstancias por razones de seguridad.
- Permite la interrupción periódica del flujo de tráfico pesado en las carreteras principales para permitir que los vehículos y los peatones crucen las intersecciones. Al hacer esto, ayudan a que los estudiantes crucen de manera más segura en las zonas escolares.
- Debido a su mayor capacidad para controlar el tráfico en comparación con distintas

formas de control, así como las señales o la policía de tránsito, a menudo ahorran mucho dinero.

✓ **Desventajas**

Según Cal y Mayor y Cárdenas:

- Se incurre en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- Causan demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesiva duración de la luz roja o del tiempo total del ciclo (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- Producen reacción desfavorable en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o hacia las autoridades. (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- Incrementan el número de accidentes del tipo alcance, por cambios sorpresivos de color (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las horas del día, cuando se presentan escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- Aumentan la frecuencia o gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, especialmente en casos de focos fundidos o interrupciones del servicio eléctrico (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).
- En intersecciones rurales, la aparición intempestiva de un semáforo ocasiona accidentes cuando no hay avisos previos adecuados a la circulación del tránsito y, en muchos casos, mediante una asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza la capacidad de las calles (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007,

p. 438).

- Cuando son operados por los agentes de tránsito, causan mayores demoras en los accesos y enojo en los automovilistas (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 438).

## 1. Clasificación de semáforos

La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control (Rondoño, 2018).

### a. Semáforos para vehículos

- ✓ **Semáforos fijos o presincronizados:** Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados (Rondoño, 2018).
- ✓ **Semáforos sincronizados por el tránsito:** Son aquellos cuya operación se coordina en cada entrada a una intersección de acuerdo con los requerimientos de flujo vehicular que tienen la capacidad para activar el detector de vehículos y/o peatones.
- ✓ **Semáforos adaptados al tránsito:** También conocido como semáforo inteligente. Estos son aquellos cuyo funcionamiento se ajusta de forma continua y automática de acuerdo con los datos de flujo vehicular que recogen los detectores de tránsito y mandan datos de secuencia de fase, intervalo de fase, ciclos y/o desfases a una estación central o control maestro (Rondoño, 2018).

### b. Semáforos para peatones

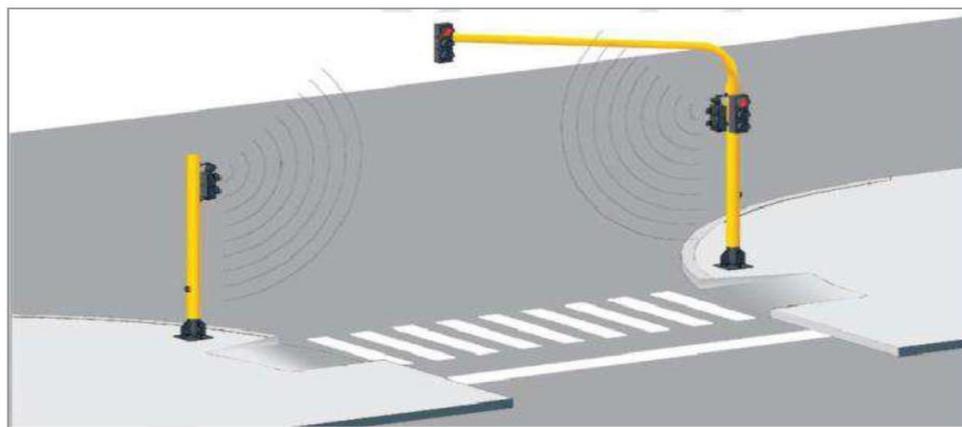
El objetivo es gestionar los pasos de peatones para que un peatón tenga tiempo suficiente para cruzar una calle en un paso de peatones. Por ello, los lugares donde se instalen semáforos peatonales deberán contar también con la correspondiente

demarcación en el pavimento (Rondoño, 2018).

Las personas con discapacidad visual pueden utilizar la infraestructura existente con mayor facilidad gracias a la instalación de semáforos con dispositivos de sonido.

### **Figura 1**

*Semáforos peatonales que indican de la localización de las ondas sonoras.*



*Nota.* Datos tomados del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (2016, p. 386)

#### **c. Semáforos especiales**

Las siguientes situaciones únicas o excepcionales están destinadas a ser reguladas y controladas por su instalación.

- La presencia de peligro, el control de velocidades, la gestión en la intersección, o la indicación de "PARE".
- Indicar que tienen la preferencia de paso los vehículos de emergencia
- Controlar el tráfico en los carriles de un solo sentido.
- Trenes acercándose a los cruces de ferrocarril. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2016, pp. 385, 387-389).

## **2. Cálculo de los tiempos del semáforo**

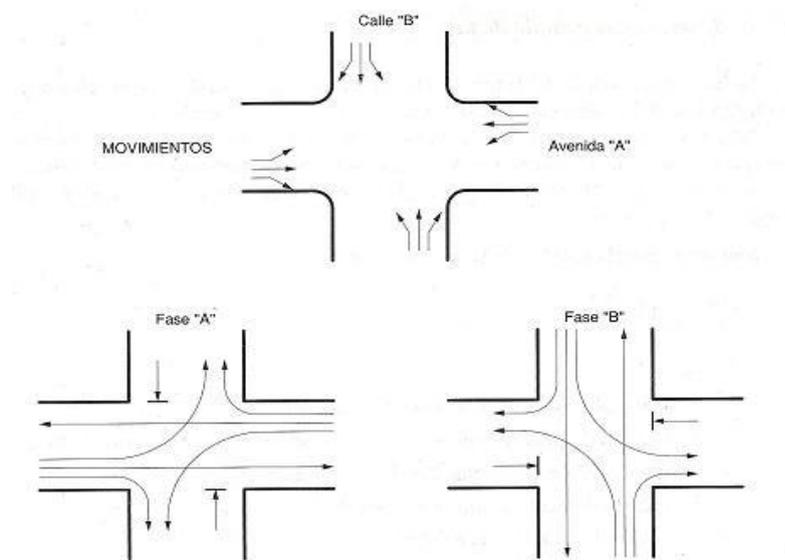
Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos (Rondoño, 2018). Así se logrará en la

intersección admitir un mayor volumen de vehículos. La distribución de los tiempos en cada fase debe estar en relación directa con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes. (Rondoño, 2018, pág. 21).

La Figura 2, muestra una intersección de cuatro accesos operada por un semáforo de dos fases. En ella se observa en forma esquemática los conceptos de longitud de ciclo, intervalos y fases. Una fase consta de un intervalo amarillo, uno rojo y uno verde. (Rondoño, 2018, pág. 22).

**Figura 2**

*Fases y diagrama de fases de una intersección semaforizada*



*Nota.* Datos tomados de Cal y Mayor & Cárdenas (2007, p. 447)

A continuación, la siguiente es una lista de cada factor que se debe tenerse en cuenta al calcular cuánto tiempo deben estar encendidos los semáforos y cómo deben distribuirse entre las distintas fases:

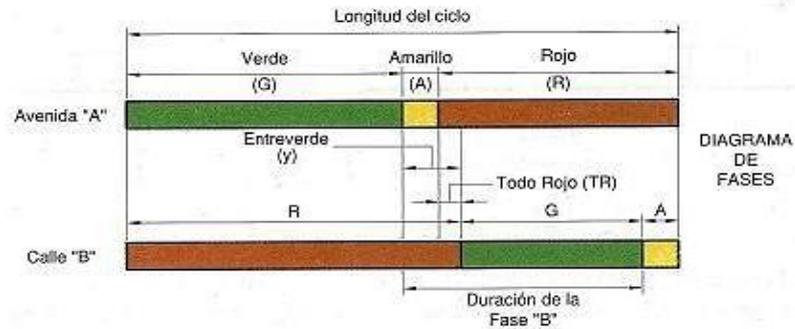
**a. Intervalo de cambio de fase o tiempo de entre verde**

Para determinar el intervalo de cambio de fase “se considera el tiempo de percepción-reacción del conductor, los requerimientos de la desaceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección” (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, p. 448). En

la Figura 3 se muestra el intervalo de cambio de fases.

**Figura 3**

*Intervalo de cambio de fases*



Determinado mediante la siguiente expresión:

Intervalo de cambio de fase = amarillo + todo rojo

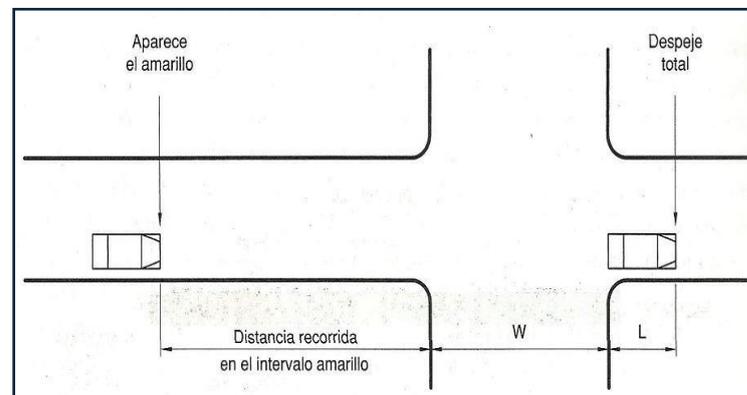
$$y = A + T_r = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W+L}{v} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- y = intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)
- t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1.00 s)
- v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)
- a = tasa de desaceleración (valor usual 3.05 m/s<sup>2</sup>)
- W = ancho de la intersección (m)
- L = longitud del vehículo (valor típico 6.10 m)

**Figura 4**

*Intervalo de cambio de fase*



Nota. Datos tomados de Cal y Mayor y Cárdenas (2007, p. 448)

## b. Longitud del ciclo

Para Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforos, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\Phi} Y_i} \dots \dots \dots (6)$$

$$Y_i = \frac{q_{ADE}}{S} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

$C_o$  = tiempo óptimo de ciclo (s)

$L$  = tiempo total perdido por ciclo (s)

$Y_i$  = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase  $i$  (tasa de ocupación)

$\Phi$  = número de fases

$q_{ADE}$  = Flujos directos equivalentes por movimiento o carril o acceso.

$S$  = Flujo de saturación por grupo de carril o carril o acceso.

## c. Vehículos equivalentes

Los factores de equivalencia deben estar presentes porque los movimientos ya que son necesarios para el movimiento a la izquierda y hacia la derecha, así como la presencia de vehículos pesados (camiones y buses) en las intersecciones que requieren y esto requiere ajustarlos. (Rondoño, 2018).

El factor de ajuste por efecto de vehículos pesados se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$F_{hv}$  = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados. (Ver tabla 3).

PT= Porcentaje de camiones en la corriente vehicular. (Ver tabla 3).

PR= Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular. (Ver tabla 3).

ET= Factor de automóviles equivalentes a un camión. (Ver tabla 3).

ER= Factor de automóviles equivalentes a un vehículo recreativo. (Ver tabla 3).

Los factores ET y ER se obtienen de la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Factores de ajuste por presencia de vehículos pesados*

Factor	Tipo de Terreno		
	Nivel	Ondulado	Montañoso
<b>Camión y autobuses, ET</b>	1.5	2.5	4.5
<b>Vehículos recreativos, ER</b>	1.2	2	4

*Nota.* Datos tomados del Adaptado y traducido de TRB (2010, pp. 14-15)

- Terreno nivelado: cualquier composición de pendiente horizontales o verticales, que permitan a los vehículos pesados mantener la misma velocidad que vehículos con pasajeros. Este tipo de terreno suele tener pendientes cortos de no más de 2%.
- Terreno ondulado: cualquier composición de pendientes y horizontales o verticales. Alineación que hace que los vehículos pesados reduzcan sustancialmente su velocidad por debajo de los automóviles de pasajeros.
- Terreno montañoso: diferente composición de pendientes y rutas horizontales y verticales que requieran que un vehículo pesado viaje distancias muy largas o en intervalos frecuente a la velocidad de remolque (la velocidad máxima sostenida a la que un camión puede transportar una carga más larga). El terreno montañoso es

relativamente raro. Por lo general, ciertas secciones del camino son más largas y empinadas que la norma general del terreno, porque las secciones son lo suficientemente pesadas para realizar la maniobra descrita en el terreno montañoso.

**d. Flujo de saturación (s) y tiempo total perdido (L)**

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa llamada *flujo de saturación (s)*, la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termine el verde (Rondoño, 2018). El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea, que puede ser obtenida, cuando existen filas y estas aún persisten hasta el final del periodo verde. (Rondoño, 2018, pág. 25).

Tenemos un período de verde completamente saturado, en este caso. (Baeza y Martínez, 2012)

Por otra parte, el tiempo total perdido por ciclo es la suma de los tiempos perdidos por fase (amarillo y todo rojo) que está representada mediante:

$$L = \sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i) \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

$L$  = Tiempo total perdido por ciclo

$A_i$  = Tiempo total perdido por fase amarillo

$TR_i$  = Tiempo total perdido por fase todo rojo

**e. Asignaciones de tiempos verdes**

**• Tiempo verde efectivo**

Para Cal y Mayor y Cárdenas (2007, p. 454), el tiempo verde efectivo total  $g_T$ , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección. (Rondoño, 2018, pág. 25). Está dado por:

$$g_T = C - L = C - [\sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i) ] \dots\dots\dots (10)$$



Donde:

$g_T$  = Tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos.

$C$  = longitud actual del ciclo (redondeando  $C_0$  a los 5 segundos más cercanos)

- **Asignaciones de tiempo verde por cada fase**

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total  $g_T$  debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de  $Y_i$ . (Rondoño, 2018, pág. 26)

así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}} (g_T) \dots \dots \dots (11)$$

Recuérdese que  $Y_i$  es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase  $i$ . (Rondoño, 2018, pág. 26).

- **Tiempo de luz roja por fase**

Una vez conocida la longitud de ciclo, tiempo de luz ámbar, todo rojo y verde efectivo; el tiempo de la luz roja. (Rondoño, 2018, pág. 26).

Se determina como sigue:

$$R = C - A_i - TR - V_i \dots \dots \dots (12)$$

### 3.2.4 Intersecciones viales

Se denomina intersección a un área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta. La intersección varía en complejidad desde un simple cruce, con solo dos caminos que se cruzan entre sí, hasta una intersección más compleja, en la cual se cruzan tres o más caminos dentro



de la misma área. A continuación, estudiaremos la clasificación de intersecciones y los tipos de intersecciones a nivel. (Rondoño, 2018).

## 1. Clasificación de intersecciones

Las intersecciones se clasifican en dos principales categorías:

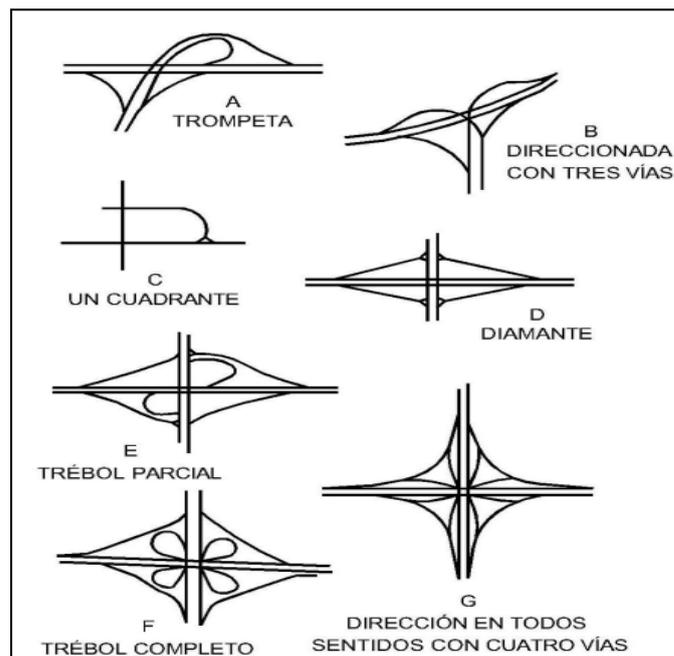
### a. Intersecciones a desnivel

Las intersecciones a desnivel constan de estructuras que distribuyen al tránsito para que cruce a niveles diferentes sin interrupción (distancias verticales). (Rondoño, 2018). El potencial de accidentes en las intersecciones a desnivel se reduce, porque se eliminan muchos conflictos potenciales entre los flujos vehiculares que se cruzan. (Rondoño, 2018, pág. 26).

Los principales tipos de intersecciones no alineadas son intersecciones en forma de T o de tres vías, se consideran tres enfoques; cruces de cuatro vías o en forma de trébol con cuatro entradas y cruces de múltiples vías con cinco o más entradas, en la Figura 5 se puede visualizar.

**Figura 5**

*Intersección a desnivel*



*Nota.* Datos tomados de Baeza y Martínez (2012, p. 40)

## **b. Intersecciones a nivel**

Las intersecciones a nivel tienen una inmensa posibilidad de variación, debido a que no existen soluciones de aplicabilidad general. Resultan más costosas de resolverse en cuanto al diseño geométrico, debido fundamentalmente a que dos vías comparten una misma superficie de calzada en la intersección. (Rondoño, 2018, pág. 27).

La superficie común a ambas vías genera un conflicto sobre quien tiene la prioridad de paso, o de uso de la calzada. (Baeza y Martínez, 2012)

## **2. Tipos de intersecciones a nivel**

Dentro de los diversos tipos de intersecciones es posible definir una tipología que permite clasificar la mayor parte de los casos reales. (Rondoño, 2018).

### **a. Empalmes (3 ramas o accesos)**

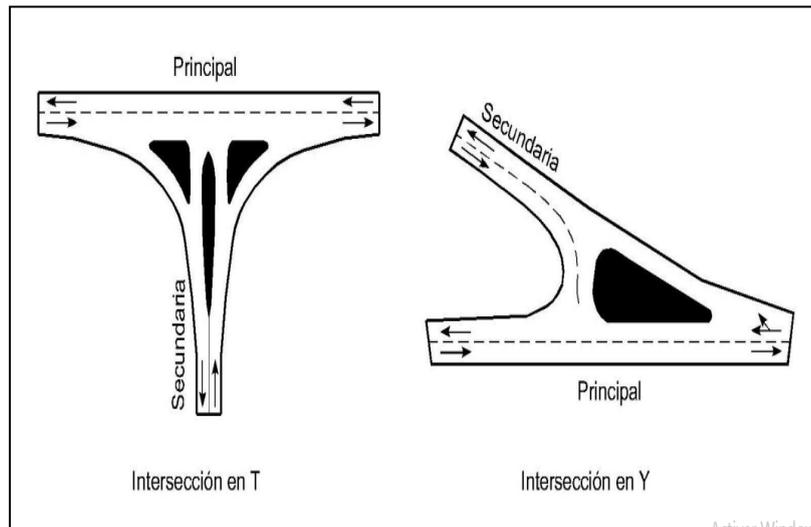
Para Baeza y Martínez (2012) “este tipo de intersección de tres ramales se utiliza para resolver la intersección de las vías principales y secundarias, y las principales vías secundarias son absorbidas por las primeras se emplea para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras” (p. 45), por su disposición geométrica en planta, como se puede observar en la Figura 6.

Se diferencian claramente dos tipos:

- Intersecciones en T: Los ramales concurren formando ángulos mayores de  $60^\circ$ , es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.
- Intersecciones en Y: Al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de  $60^\circ$ .

## Figura 6

### Intersección de tres ramales



Nota. Datos tomados de Baeza y Martínez (2012, p. 46)

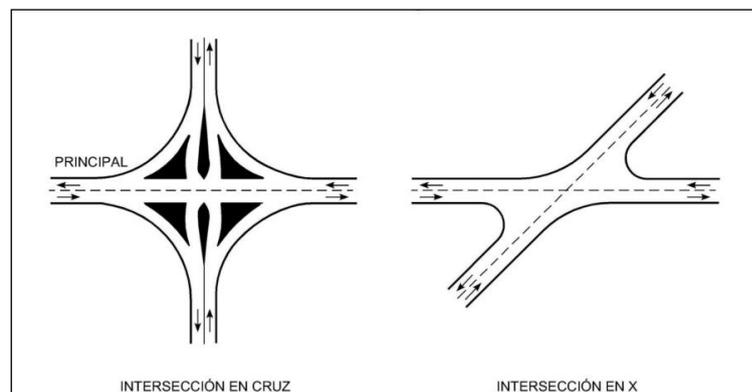
### b. Cruces (4 ramales o accesos)

Para Baeza y Martínez (2012), “la intersección de cuatro ramales se produce un cruce de dos vías, cuatro ramales en total, generalmente de rango similar” (p. 47), como se puede observar en la Figura 7. Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

- Intersecciones en cruz: los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de  $60^\circ$ , con direcciones sensiblemente perpendiculares
- Intersecciones en X: los ramales forman dos ángulos menores de  $60^\circ$

## Figura 7

### Intersección de tres ramales



Nota. Datos tomados de Baeza y Martínez (2012, p. 47)

### c. Encuentros (Más de 4 ramas o accesos)

Este tipo de intersecciones es difícil de tratar, por lo que es conveniente evitarlas en la medida de lo posible. Generalmente, la solución ideal es suprimir alguno de los ramales, empalmándolo fuera de la intersección. Otras veces, sin embargo, esto no es posible y hay que llegar a complejas soluciones o de tipo giratorio. “En zonas urbanas, el establecimiento del sentido único en determinados ramales simplifica el funcionamiento de la intersección” (Baeza y Martínez, 2012, p. 48).

En la Tabla 4 se puede observar los diferentes tipos de intersecciones.

**Tabla 4**

*Tipos de Intersecciones a Nivel*

<b>Intersecciones</b>	<b>Ramales</b>	<b>Ángulos de cruzamiento</b>
En T	Tres	Entre 60° y 120°
En Y	Tres	< 60° y > 120°
En X	Cuatro	< 60°
En +	Cuatro	> 60°
En estrella	Más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o Rotondas	Más de cuatro	-

*Nota.* Datos tomados de Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC (2013, p. 238)

#### 3.2.5 Análisis vial

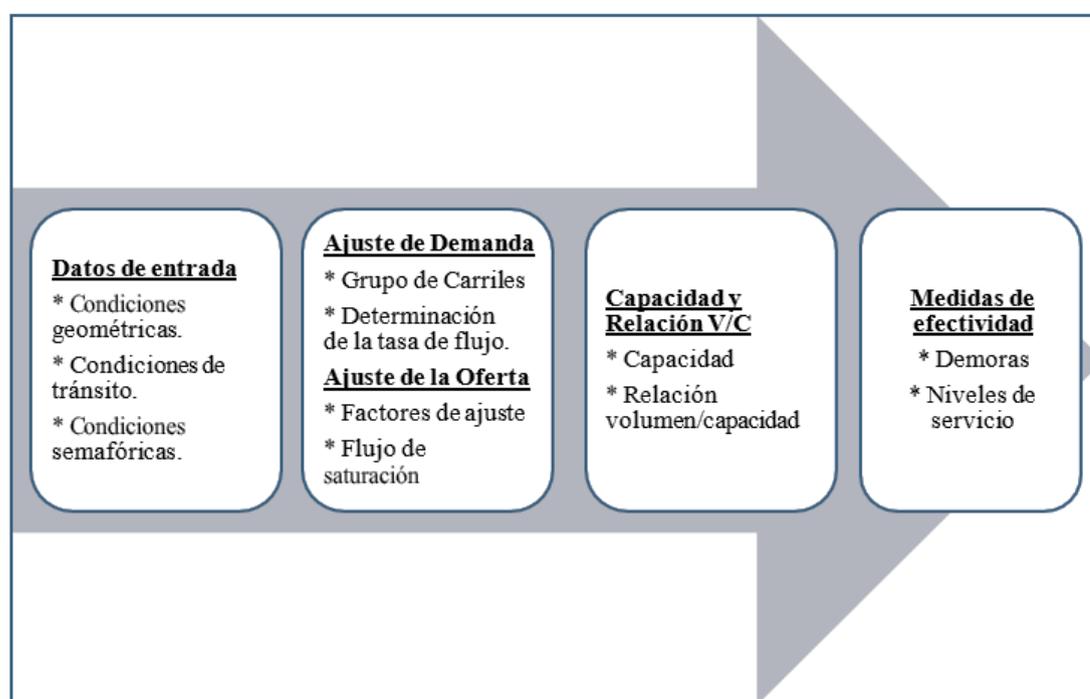
El análisis vial está cimentado fundamentalmente en el Highway Capacity Manual (HCM 2010), que es una publicación que hizo el National Research Council en Estados Unidos, por medio de Transportation Research Board (TRB), que concede un conjunto lógico de los métodos de evaluación de dispositivos de tránsito o instalaciones de transporte. El presente manual es de mucha importancia como herramienta ampliamente utilizada por organismos, instituciones y profesionales dedicados al área de transportes. (Rondoño, 2018).

### 3.2.5.1 Esquema operacional

La base de todo el análisis planteado por este método es “estimar las medidas de eficiencia que produce cada factor por separado en el tránsito, para que una vez hallados los valores ponderados de cada factor, agregarlos a un solo factor de todo” (Rondoño, 2018, pp. 28,-29). Un esquema fácil para entender el procedimiento se detalla en la Figura N° 8.

#### Figura 8

*Metodología de análisis de intersecciones señalizadas.*



*Nota.* Datos tomados del TRB (2010, pp. 16-20)

### 3.2.5.2 Datos de entrada

Según Rondoño (2018), “los datos de entrada se dividen en 3 grupos importantes” (p. 29).

- Condiciones geométricas
- Condiciones de tráfico
- Condiciones semafóricas.

En la Tabla 5, se describen los parámetros de cada grupo.

**Tabla 5***Datos de entrada necesarios para el análisis vial*

Tipo de condición	Parámetros de entrada
Condiciones geométricas	- Tipo de área
	- Número de carriles, N
	- Ancho de carril, W (m)
	- Pendiente, G (%)
	- Existencia de carril exclusivo izquierdo o derecho, LT o RT
Condiciones de tráfico	- Existencia de parqueo
	- Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h)
	- Tasa de flujo de saturación ideal, S <sub>0</sub> (autos/h/carril)
	- Factor de hora pico, FHP
	- Presencia de vehículos pesados, PT (%)
	- Volumen peatonal, V <sub>ped</sub> (p/h)
	- Número de paradas de buses en la intersección, Nb (buses/h)
	- Actividad de maniobras de parqueo, Nm
	- Tipo de llegada
	- Proporción de vehículos que llegan en verde, P
Condiciones de señalización	- Longitud de ciclo, C (seg)
	- Tiempo de verde efectivo, G (seg)
	- Tiempo de ámbar
	- Tiempo de todo rojo
	- Periodo de análisis, T (h)

*Nota.* Datos tomados del TRB (2010, pp. 18-8)

### 3.2.5.3 Ajuste de la demanda

- **Agrupación de grupo de carriles**

El método HCM “considera los accesos de una intersección de manera individual y los grupos de carriles de cada acceso también de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos” (Vera, 2012, p. 18).

En la Figura 9, se muestra la agrupación típica de grupo de carriles.

**Figura 9**

*Agrupaciones típica de grupos de carriles*

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left:	MG 1:	LG 1:
	Thru. & right:	MG 2:	LG 2:
2	Left & thru.:	MG 1:	LG 1:
	Thru. & right:	MG 2:	LG 2:
3	Exclusive left:	MG 1:	LG 1:
	Exclusive left:	MG 1:	LG 1:
	Through:	MG 2:	LG 2:
	Through:	MG 2:	LG 2:
	Thru. & right:	MG 3:	LG 3:

*Nota.* Datos tomados del TRB (2010, pp. 18-34)

• **Determinación de la tasa de flujo ajustado**

Según Rondoño (2018), “está representado por el volumen horario de máxima demanda sobre el factor de hora pico (FHP)” (p. 8).

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Max(V_{15})} \dots \dots \dots (13)$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHP(f_{HV})} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

$V_p$  = Tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/ h).

$Max(V_{15})$  = Máxima tasa de flujo en periodos de 15 min (veh/ h).

$VHMD$  = Volumen horario de máxima demanda (veh/ h).

$FHP$  = Factor de hora pico.

$f_{HV}$  = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

“Para la selección del volumen pico para cada movimiento se recomienda

percibir directamente los flujos y se selecciona el más crítico en los 15min de análisis”  
(Rondoño, 2018, p. 32)

#### 3.2.5.4 Ajuste de la oferta

- **Determinación de la tasa de flujo de saturación**

Contreras (2014, citado por Rondoño, 2018) sostiene que “el flujo de saturación se expresa en vehículos por hora de luz verde, y puede determinarse mediante estudios de campo o calcularse con la siguiente expresión” (p.32):

$$S = S_0 * N (f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

S = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (vehículos/hora verde)

S<sub>0</sub> = tasa de flujo de saturación base por carril (autos/hora verde/carril)

N = número de carriles del grupo de carriles

f<sub>w</sub> = factor de ajuste por ancho de carril

f<sub>HV</sub> = factor de ajuste por vehículos pesados

f<sub>g</sub> = factor de ajuste por pendiente del acceso

f<sub>p</sub> = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

f<sub>bb</sub> = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

f<sub>a</sub> = factor de ajuste por tipo de área

f<sub>LU</sub> = factor de ajuste por utilización de carriles f<sub>LT</sub> f<sub>LT</sub> = factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f<sub>RT</sub> = factor de ajuste por vueltas a la derecha



$f_{Lpb}$  = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda

$f_{Rpb}$  = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha

Los factores de ajuste a la tasa de flujo de saturación se definen a continuación:

### 3.2.5.5 Tasa de flujo de saturación en condiciones ideales ( $S_o$ )

El HCM (2010) precisa que cuando la intersección se encuentra en un área metropolitana con 250,000 habitantes o más, el flujo de saturación ideal es de 1900 ADE/h/carril (automóviles directos equivalentes/hora verde /carril), y en otras ciudades es 1750 ADE/h/carril (Rondoño, 2018).

### 3.2.5.6 Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )

Con el ancho de carril se determina este factor. En ningún caso el ancho debe ser menor a 2.4 m. Cuando llega a pasar los 4.8 m se debe analizar como dos carriles (Rondoño, 2018). En la Tabla 4, se muestra los anchos de carril y ajuste por ancho de carril.

**Tabla 4**

*Factor de ajuste por ancho de carril*

Ancho promedio de carril (m)	Ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )
< 3.0	0.96
$\geq 3.0 - 3.92$	1.00
> 3.92	1.04

**Fuente:** TRB (2010, pp. 18-36)

### 3.2.5.7 Factor de ajuste por pendiente del acceso $f_g$

Toma en cuenta este factor los efectos de las pendientes y rampas, para aplicar un factor de corrección. Este factor se mantiene para pendientes entre un rango de -6% a 10%. (Rondoño, 2018)

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

%G = porcentaje de pendiente del acceso.

### 3.2.5.8 Factor de ajuste por estacionamiento o parqueo fp

Para este factor “es primordial en la obtención de la tasa de flujo de saturación, ya que pueden presentar un bloqueo en los carriles por los vehículos que entran y salen del estacionamiento” (Rondoño, 2018, p. 33).

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

N = número de carriles del grupo.

Nm = número de maniobras de estacionamiento/hora

### 3.2.5.9 Factor de ajuste por bloqueo de buses fbb

En este estudio, es crucial considerar el transporte público, que es importante al subir o bajar pasajeros a 76 metros de la línea de parada en la parte delantera o trasera de la intersección. “Si se presenta más de 250 autobuses/hora se debe ajustar como límite práctico, y se debe considerar un tiempo promedio de bloqueo de 14.4 seg durante la señal semafórica. (Si bloquea los carriles de circulación)” (Rondoño, 2018, p. 34).

$$f_p = N - \frac{14.4 \frac{N_B}{3600}}{N} \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

Nb = número de buses que paran/hora

### 3.2.5.10 Factor de ajuste por tipo de área $f_a$

Se debe conocer la ubicación de la intersección para poder realizar un análisis suficiente.

$f_a = 0.90$  (Zonas comerciales CBD)

$f_a = 1.00$  (Otras zonas)

### 3.2.5.11 Factor de ajuste por utilización de carriles $f_{LU}$

Se determina mediante la ecuación siguiente:

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} * N} \dots \dots \dots (19)$$

“Cuando el grupo de carriles presenta carriles exclusivos este factor se considera como 1.0.” (Rondoño, 2018, p. 34).

### 3.2.5.12 Factor de ajuste por vueltas a la izquierda $f_{LT}$

Este factor está dado de acuerdo al tipo de carril.

Carril exclusivo,  $f_{LT} = 0.95$

Carril compartido:  $f_{LT} = \frac{1}{1+0.05P_{LT}} \dots \dots \dots (20)$

$P_{LT}$ : Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

### 3.2.5.13 Factor de ajuste por vueltas a la derecha $f_{RT}$

En el Highway Capacity Manual (2010), se propone utilizar los siguientes factores.

Carril único o exclusivo,  $f_{RT} = 0.85$

Carril doble,  $f_{RT} = 1 - 0.15P_{RT} \dots \dots \dots (21)$

$P_{RT}$ : Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

### 3.2.5.14 Factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda $f_{Lpb}$ y derecha $f_{Rpb}$

Según Rondoño (2018), “este factor es igual a la proporción del tiempo que la zona de conflicto (peatón – vehículo) está desocupada” (p. 35).

Para giros a la izquierda se determina mediante:

$$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - A_{LTA}) \dots\dots\dots(22)$$

Para giros a la derecha se determina mediante:

$$f_{Rpb} = 1 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \dots\dots\dots(23)$$

Donde:

$A_{pbT}$  = ajuste de ocupación para giros en la fase permitida.

$P_{LTA}$  = Proporción de giro a la izquierda en la fase protegida sobre el total de verde del grupo.

$P_{RTA}$  = Proporción de giro a la derecha en la fase protegida sobre el total de verde del grupo.

Si no existe fase protegida, la proporción de giros tanto a la izquierda como a la derecha es  $P_{LTA} = P_{RTA} = 0$

Luego el factor de ajuste de la ocupación en la fase permitida para giros

$A_{pbT}$  es:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r; \text{ si } N_{rec} = N_{turn} \dots\dots\dots (24)$$

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_r; \text{ si } N_{rec} > N_{turn} \dots\dots\dots (25)$$

Donde:

$N_{turn}$  = Número de carriles de giro.

$N_{rec}$  = Número de carriles de recepción

$OCC_r$  = Ocupación de la zona de conflicto

La ocupación de la zona de conflicto (OCCr) en el tiempo verde para peatones y ciclistas se calcula como sigue:

$$OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg}\right) + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg}\right) \dots\dots\dots (26)$$

En la Tabla 5, se presentan las variables para el ajuste por peatones y ciclistas.

**Tabla 5**

*Variables para ajuste por peatones y ciclistas*

Fórmulas	Definición de Variables
<ul style="list-style-type: none"> <li><math>OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}</math> ; para <math>v_{pedg} &lt; 1000</math> p/h</li> <li><math>OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000}</math> ; para <math>1000 \leq v_{pedg} &lt; 5000</math> p/h</li> <li><math>v_{pedg} = v_{ped} \frac{C}{g_{ped}}</math></li> <li><math>OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700}</math></li> <li><math>v_{bicg} = v_{bic} \frac{C}{g}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>V_{pedg}</math> = Volumen de peatones en el tiempo verde para peatones.</li> <li><math>V_{bicg}</math> = Volumen de ciclistas en el tiempo verde para peatones y ciclistas.</li> <li><math>C</math> = Longitud de ciclo</li> <li><math>g</math> = Tiempo verde efectivo del ciclo</li> <li><math>g_{ped}</math> = Tiempo verde efectivo para peatones</li> </ul>

*Nota.* Datos tomados del TRB (2010, p. 31)

### 3.2.5.15 Determinación de la capacidad y la relación v/c

- Capacidad**

Para intersecciones semaforizadas “la capacidad se basa en los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación” (Rondoño, 2018, p. 37).

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right) \dots\dots\dots (27)$$

Donde:

- $c_i$  = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h).
- $s_i$  = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles i (veh/h).
- $g_i$  = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (s).
- $C$  = Longitud del ciclo del semáforo (s).
- $g_i/C$  = Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles i.



- **Relación volumen/capacidad**

Otra denominación puede ser el grado de saturación, ya que representa el resultado de la tasa de flujo ( $v$ ) sobre la capacidad ( $c$ ). Para un mejor manejo del término cuando se hace el análisis lo representamos con una  $X$ .

Se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$X_t = \frac{v_i}{c_i} = \frac{v_i}{s_i * (g_i / C)} = \frac{v_i * C}{s_i * g_i} \dots\dots\dots (28)$$

Donde:

$X_t$  = Relación  $v/c$  o grado de saturación para el grupo de carriles  $i$ .

$v_i$  = Tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$c_i$  = Capacidad del grupo de carriles  $i$ .

$s_i$  = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles  $i$  (veh/h).

$g_i$  = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (s).

$C$  = Longitud del ciclo (s).

- **Grupos de carriles críticos y grado de saturación crítico**

Los grupos de carriles críticos para cada fase son aquellos que presentan la mayor relación de flujo  $v/c$  y se emplean para evaluar la intersección en su conjunto (forma agregada) con respecto a su geometría y a la duración del ciclo, dando lugar al grado de saturación crítico de la intersección ( $X_c$ ) (Rondoño, 2018).

Se determina mediante la ecuación:

$$X_c = \left( \frac{C}{C-L} \right) \sum \left( \frac{v}{s} \right) c_i \dots\dots\dots (29)$$

Donde:

$X_c$  = relación  $v/c$  crítica o grado de saturación crítico para la intersección.



$\Sigma(v/c)ci$  = sumatoria de las relaciones de flujo para todos los grupos de carriles críticos  $i$

$C$  = longitud del ciclo (s).

$L$  = tiempo perdido total por ciclo, calculado como tiempo perdido,  $t_L$ , para la trayectoria crítica de los movimientos (s).

### 3.2.5.16 Medidas de eficiencia

- **Demoras**

Son una evaluación del comportamiento que nos ofrece la capacidad de la intersección. “La evaluación está basada en el promedio de las demoras de los vehículos que transitan por la intersección” (Rondoño, 2018, p. 38).

La demora se dividirá en dos componentes por cada uno de los carriles o líneas:

#### **Demora uniforme**

La demora uniforme  $d_1$ , es la que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos, tal que no existe saturación durante ningún ciclo. (Rondoño, 2018, p. 38).

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_i = \frac{0.5C(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1, X_i)\frac{g}{c}]} \dots\dots\dots (30)$$

Donde:

$g$  = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s)

$C$  = Longitud del ciclo óptimo

$X_i$  : Grado de saturación para el grupo de carriles.

#### **Demora incremental**

La demora incremental  $d_2$ , toma en consideración las llegadas aleatorias, que ocasiona que algunos ciclos se sobresaturen.

Se expresa como:

$$d_2 = 900T \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{4X_i}{cT}} \right] \dots\dots\dots (31)$$

Donde:

T = duración del período de análisis (0.25 h)

c = capacidad del grupo de carriles (veh/h).

Xi = Grado de saturación o relación volumen capacidad

### Demora por cola inicial

Es la “demora adicional que se genera debido a las colas residuales (remanentes o insatisfechas) del periodo previo, ya que estas deberán primero despejar la intersección antes de dar paso a los vehículos que llegan durante el periodo de análisis” (Rondoño, 2018, p. 39).

La demora por cola inicial  $d_3$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b(1+u)t}{cT} \dots\dots\dots (32)$$

Donde:

$Q_b$  = Cola inicial al principio del periodo T (veh)

c = capacidad (veh/h)

T = duración del período de análisis (0.25 h)

t = duración de la demanda insatisfecha (h)

u = parámetro de demanda

Rondoño (2018) indica que para el cálculo de la demora  $d_3$ , existen cinco posibles escenarios de análisis que se describe a continuación.

**Caso I:** el periodo es no saturado sin cola inicial  $Q_b = 0$ . Por lo tanto,  $d_3=0$

**Caso II:** el periodo es sobresaturado sin cola inicial  $Q_b = 0$ . Por lo tanto,  $d_3=0$

**Caso III:** la cola inicial se disipa durante el periodo T. Para que esto ocurra, la



suma de  $Q_b$  y la demanda total en T ( $q_T$ ) debe ser menor que la capacidad disponible en T ( $c_T$ ). Es decir:  $Q_b + q_T < c_T$ .

**Caso IV:** ocurre cuando existe aún demanda insatisfecha al final de T, pero decreciente. Para que esto ocurra deberá cumplirse que  $q_T < c_T$ .

**Caso V:** ocurre cuando la demanda en T, excede la capacidad. Aquí la demanda insatisfecha se incrementa al final de T. Para que esto ocurra deberá cumplirse que  $q_T > c_T$ .

Para los casos III, IV y V, los parámetros  $t$  y  $u$  se determinan mediante:

$$t = 0, \text{ si } Q_b = 0, \text{ de otro modo, } t = \min \frac{Q_b}{C[1 - \min(1, X)]} \dots \dots \dots (33)$$

$$u = 0, \text{ si } t < T, \text{ de otro modo, } u = 1 - \frac{cT}{Q_b[1 - \min(1, X)]} \dots \dots \dots (34)$$

Adicionalmente, para los casos IV y V, el último vehículo que llega en el periodo T despejará la intersección en el tiempo  $T_c > T$ , denominado tiempo de despeje de cola inicial. Por lo tanto, en el caso de una cola inicial,  $T_c$  se calcula con la ecuación:

$$T_c = \max\left(T, \frac{Q_b}{c} + TX\right) \dots \dots \dots (35)$$

$$d_T = d_1 * PF + d_2 + d_3 \dots \dots \dots (36)$$

Donde:

$T_{Di}$  = Demora de parte total del grupo de acercamiento “i”

$PF_i$  = Factor de progresión para el acercamiento “i” que refleja la condición de llegada de vehículos. Si los vehículos llegan cuando está en rojo,  $PF > 1$ .

Llegadas aleatorias = 1.0. Llegadas en verde  $PF < 1.0$

### Demora por acceso

La demora en la intersección se obtiene usando la siguiente expresión:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^I (d_i V_p)}{\sum_{i=1}^I (V_p)} \dots \dots \dots (37)$$

Donde:

$V_p$  = Flujo en automóviles directos equivalentes ( $q_{ADE}$ ) por grupo de carriles.

$d_i$  = Demoras uniformes e incrementales por grupo de carriles.

### Demora en la intersección

La demora en la intersección se obtiene usando la siguiente expresión:

$$d_I = \frac{\sum_{i=1}^I (d_i V_p)}{\sum_{i=1}^I (V_p)} \dots \dots \dots (37)$$

Donde:

$V_p$  = Flujo en automóviles directos equivalentes ( $q_{ADE}$ ) por accesos.

$d_i$  = Demoras uniformes e incrementales por acceso.

- **Niveles de servicio (NDS)**

El nivel de servicio de una intersección está directamente relacionado con la demora promedio por controles por vehículo, una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo (Baeza y Martínez, 2012, p. 73).

En la Tabla 6, se presentan los seis niveles de servicio basados en las características de operación y demora por control.

**Tabla 6***Niveles de servicio para intersecciones según las demoras*

Nivel de Servicio	Características de la operación	Demora por Control (seg/veh)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable, los vehículos no se detienen.	< 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	> 10 - 20
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales empiezan a fallar.	> 20 - 35
D	Empiezan a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	> 35 - 55
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	> 55 - 80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores. Ocurre cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando la relación v/c son menores a 1.00 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos demasiado largos.	> 80

*Nota.* Datos tomados del TRB (2010, pp. 18-6).

### 3.2.6 Micro simulación con software Synchro 8.0

#### 3.2.6.1 Software Synchro 8.0

Synchro es un programa de computación con aplicación en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales. Tiene incorporado el programa *SimTraffic*, que tiene la capacidad de modelado y animación del movimiento vehicular. (Rondoño, 2018, p. 44).

“La versión 8.0 de Synchro analiza la capacidad de intersecciones semaforizadas siguiendo la metodología del HCM (2010)” (Rondoño, 2018, p. 44).

Entre las principales funciones del programa se destacan las siguientes:

- Tiempos de ciclo y fase optimizados.
- Coordinación de semáforos, lo que da como resultado planes temporales que

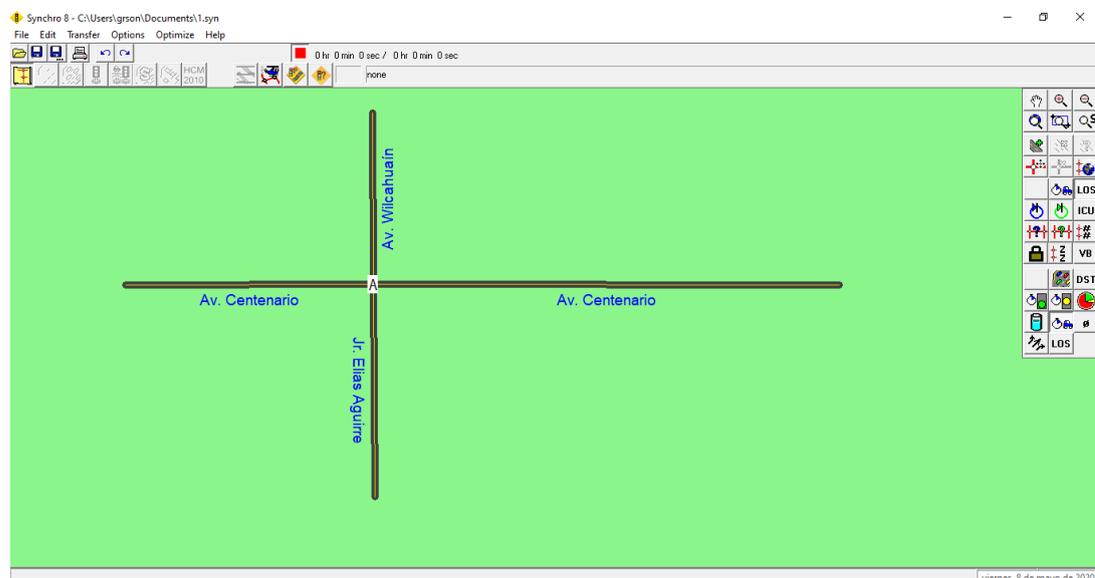
optimizan fases, longitudes de ciclo y desplazamientos, así como diagramas espacio-temporales.

- Modelado y simulación microscópica del tráfico de la red o intersección, lo que da como resultado una animación.

En la Figura 10, se presenta el escenario de entrada del software libre Synchro realiza un resumen de la metodología con la que trabaja el *software* Synchro. Rondoño (2018).

### Figura 10

#### *Escenario de entrada del programa*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

#### **3.2.6.1.1 Datos de entrada**

Teniendo la información recopilados en campo, ingresamos las condiciones geométricas, condiciones de tráfico, y condiciones semafóricas. (Rondoño, 2018).

#### **3.2.6.1.2 Ajuste de la demanda**

Synchro comparte el tráfico con FHP para determinar el tráfico durante el período de 15 minutos más concurrido de la hora, según lo muestra HCM.

#### **3.2.6.1.3 Ajuste de la oferta**

Para los cálculos de flujo saturado, Synchro establece por defecto un flujo

saturado ideal de 1900 veh/h/carril y lo ajusta automáticamente usando los factores apropiados.

#### **3.2.6.1.4 Determinación de la capacidad**

Synchro incluye todas las correcciones y proyecciones del HCM (2010) en la operación de la relación volumen-capacidad (v/c).

#### **3.2.6.1.5 Determinación de las medidas de eficiencia**

El software Synchro determina la demora por control y la demora por cola, con la que da resultado la demora total. Es decir:

$$Demora\ total = demora\ por\ control + demora\ por\ cola$$

Para intersección semaforizada, se calcula el nivel de servicio de la misma manera que al emplear el HCM, considerando en la intersección la demora total.

#### **3.2.6.1.6 Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases**

Synchro se enfoca en lograr el mayor flujo de tráfico vehicular, además ofrece herramientas para optimizar la duración del ciclo y tiempo de fases.

#### **3.2.7 Términos básicos**

**Corredor/Avenida:** Es una calle continua con varias intersecciones.

**Intersección:** El área donde hay conflicto de movimiento entre diferentes líneas de flujo es donde convergen vías ocasionando movimientos entre ellas.

**Ciclo:** Es el período de tiempo en el que cada indicación (fase) semafórica en una intersección completa su secuencia completa.

**Intervalo:** Es el lapso de tiempo durante el cual cada una de las indicaciones (fases) del semáforo de la intersección ha completado su secuencia completa.

**Fase:** El derecho de paso se otorga a un flujo de movimientos coordinados entre sí durante esta parte del ciclo del semáforo.

**Ola verde:** Es el prendido gradual de luz verde para asegurar el flujo continuo a lo

largo del carril, lo que se logra mediante la programación de un corredor a una velocidad constante (permitida, medida, teórica o supuesta).

**Diagrama espacio-tiempo:** Es una representación visual de la distancia actual entre una intersección de un carril o avenida, así como el tiempo de ciclo de una intersección. Esta ilustración presenta cómo la ola verde y el carril o avenida funcionan juntos.

**Flujo de saturación:** Es la cantidad de vehículos por hora que pueden cruzar el carril de un cruce si está siempre en fase verde.

## CAPÍTULO IV

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 4.1 Área de estudio

La intersección analizada se encuentra en un área urbana. Además, forma parte de la vía nacional Huaraz-Caraz (PE-3N), del distrito de Independencia, con una alta cantidad de vehículos y crecimiento poblacional. La intersección en la que confluyen la vía principal de ingreso a la zona céntrica de Huaraz, las zonas turísticas y las zonas rurales será objeto del análisis vial que se realizará en el área de estudio. Hay un semáforo de tiempo fijo que regula este cruce.

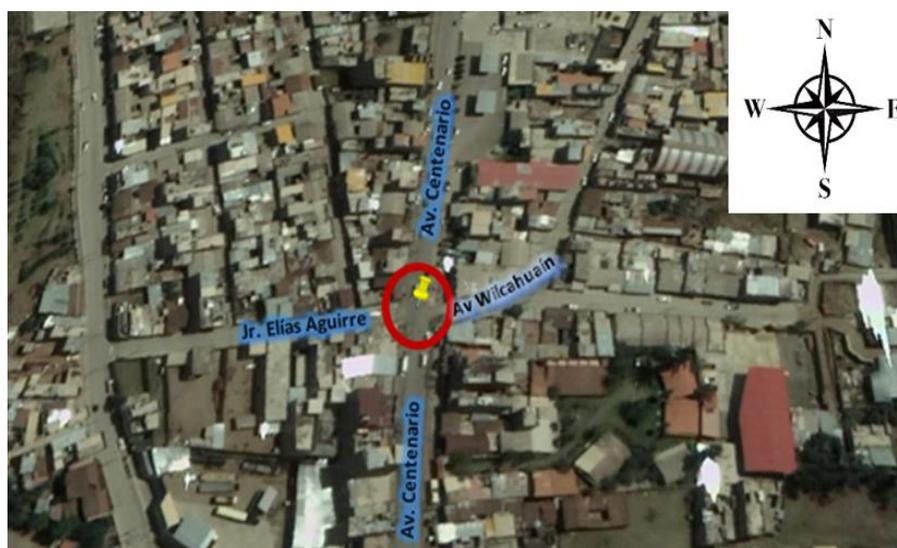
La intersección en estudio tiene las siguientes coordenadas UTM:

- Norte (N): 8947743
- Este (E): 221984

En la Figura 11 se detalla un gráfico con las características de la intersección, en el cual se ubica el punto de monitoreo a fin de efectuar el análisis de datos en los capítulos posteriores.

#### Figura 11

*Toma satelital de la intersección analizada*



*Nota.* Datos de Elaboración propia.

## 4.2 Estudio de condiciones geométricas

Se efectuó la visita de campo y allí se recopilaron las siguientes medidas de geometría: tipo de área, pendiente, cantidad de carril, ancho de carril, presencia de carril exclusivo para giro a la derecha y a la izquierda, arcenes, ancho de aceras y parqueos autorizados, entre otros.

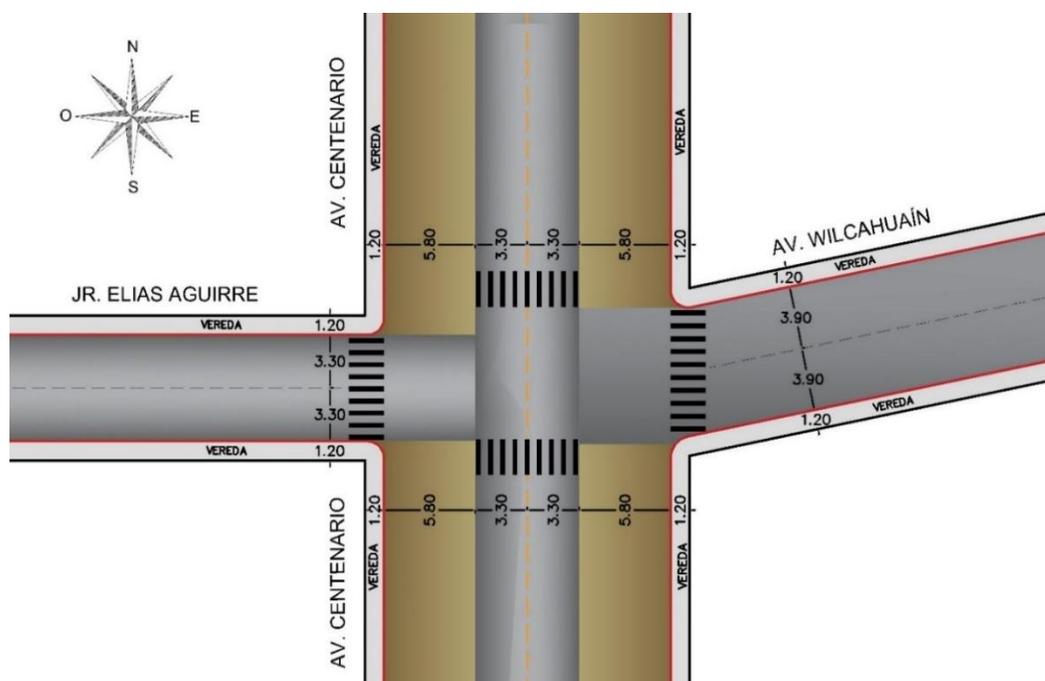
Para el estudio de las condiciones geométricas se utilizaron las siguientes herramientas: flexómetro, mapa de zonificación del distrito Independencia, cámara, entre otros.

En la Figura 12 se presentan las medidas de las características geométricas registradas en el área de estudio.

- **Intersección: Avenida Wilcahuain y jirón Elías Aguirre con la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N).**

**Figura 12**

*Condiciones geométricas de la intersección*



*Nota.* Datos de Elaboración propia.

En la Tabla 7 se muestran de la intersección, la información complementaria de su geometría:

**Tabla 7***Datos Complementarios de la geometría de la intersección*

Acceso	Número de Carriles (N)	Ancho prom. de carriles W (m)	Pendiente (S %)	Carriles Exclusivos LT o RT	Estacionamientos	Zonificación o Tipo de Área
Norte (N)	1	3.30	+1.00	No	No	Zona urbana
Sur (S)	1	3.30	-1.00	No	No	
Este (E)	1	3.90	+5.50	No	No	
Oeste (O)	2	3.30	-15.50	No,	No	

*Nota.* Datos de Elaboración propia.

### 4.3 Estudio de condiciones de tráfico

La cantidad de vehículos, el tipo de vehículo que se detienen en la intersección y la cantidad de giros a la derecha y a la izquierda son información crucial en el análisis vial de la intersección de estudio, estacionamientos y entre otros.

Se realizará en la intersección de estudio, el aforo vehicular y peatonal para conocer la información antes mencionada.

#### 4.3.1 Aforo vehicular en la intersección analizada

Existen métodos a fin de determinar la cantidad de vehículos, existen técnicas como conteo manual, pero dependiendo de cuántos carriles estén ubicados, esto requerirá un personal considerable. También está el aforo mecánico, que tiene la ventaja de permitir obtener información detallada sobre, entre otras cosas, clasificar los movimientos direccionales, vehículos y el cumplimiento en los dispositivos de control de tráfico.

En la investigación se aplicó la técnica de aforo manual. Empleamos a cuatro personas calificadas para esta investigación.

Esta técnica es muy útil cuando tenemos pocos carriles, ya que facilita en tiempo para procesar los datos requeridos en gabinete. En la Figura 13 se muestra los implementos para el aforo vehicular.

### Figura 13

#### *Personal capacitado para el aforo vehicular*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

De acuerdo en la intersección analizada el comportamiento del tráfico, se logró observar claramente horas pico y que variaban en el día. Se realizó según lo indicado en el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Para realizar el aforo se designaron 02 personas en el que se generan los giros (aforo direccional) por cada esquina, por 1 día laborable. Así también se realizaron el conteo por 14 horas en el punto de control establecida. Se utilizó fichas con la finalidad de determinar el IMDs en los 03 días. La información del conteo ayudó para determinar el día más crítico, la demanda total de vehículos y para obtener la hora pico. Se denomina días típicos a los días laborables, donde representa mayor movimiento.

El aforo se realizó desde el día lunes 15, miércoles 17 y viernes 19 de julio del 2019, durante 14 horas corridas, a partir de la 07:00 hasta las 21:00 horas, contemplando el tráfico completo de los tres días. Para obtener la hora de máxima

demanda y la hora punta se efectuó el conteo en intervalos de tiempo de 15 min en el horario establecido. Para el aforo vehicular se utilizó una ficha de registro.

- **Ficha de aforo vehicular**

En la Figura 14 se presenta la ficha de aforo vehicular que se utilizó, en el cual se permite clasificar los vehículos y sus tipos, en la intersección fueron analizados por movimientos direccionales.

**Figura 14**

*Ficha de aforo vehicular*

FICHA DE AFORO VEHICULAR																																
		TESIS: "ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019" TESISTA: DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH INTERSECCION: CARRETERA HUARAZ-CARAZ SENTIDO DEL CONTEO: NORTE-SUR DÍA: UBICACIÓN:																														
		MOTO-TAXI			AUTOMOVIL			CAMIONETAS						MICRO		BUS		CAMION						SEMITRAILER								
		HORA	MOTO-TAXI	AUTOMOVIL	STATION WAGON	CMTA PICKUP	PANEL	COMBI	MINIVAN	CUSTER	LINERO DE	PESADO >= 35	2 EJES	3 EJES	4 EJES	259302	259	259302														
DIRECCION	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI		

*Nota.* Datos de Elaboración propia

- **Volumen vehicular total por día**

Realizado el aforo de los tres días, se procesó los cálculos de los aforos de cada día (Tabla 8). Se identificó que el mayor volumen vehicular en la intersección fue el día miércoles. De tal forma los cálculos posteriores de flujos vehiculares, aforo peatonal, etc., se emplearon los datos de dicha fecha.



**Tabla 8**

*Total de vehículos por día*

DÍA	SENTIDOS				TOTAL
	N-S	S-N	E-W	W-E	
LUNES 15/07/2019	8326	9329	926	132	18713
MIÉRCOLES 17/07/2019	8528	9843	968	163	19502
VIERNES 19/07/2019	8067	9590	925	153	18735

*Nota.* Datos de Elaboración propia

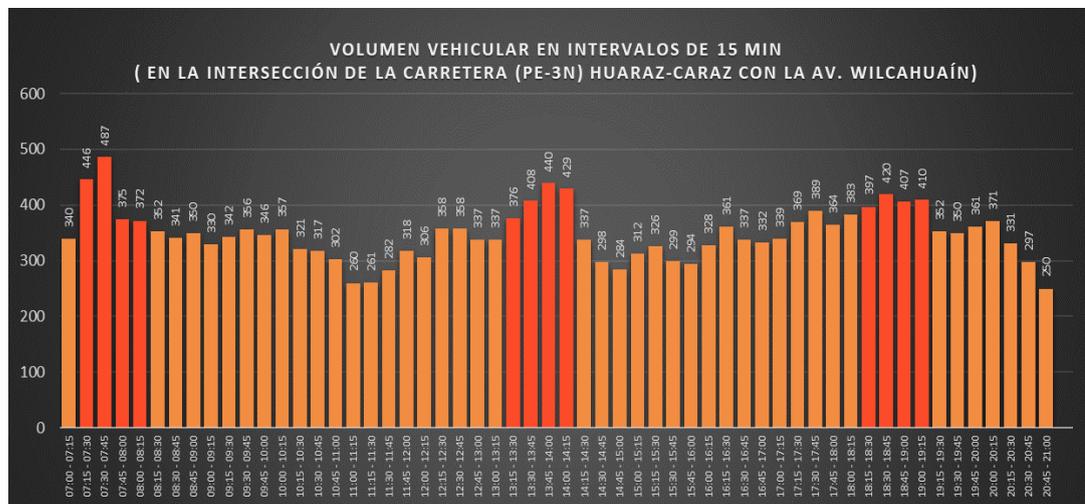
En el Anexo A se detallan el aforo de los días realizados en la investigación.

• **Identificación de la hora pico**

Para obtener la hora pico se elaboró una tabla estadística de barras, que relaciona volumen vehicular clasificado cada 15 minutos (Figura 15). Las horas pico percibidas se encuentran resaltadas de color rojo en los turnos de la mañana, en la tarde y en la noche, y son las siguientes: 7:15-08:15; 13:15-14:15 y 18:15-19:15.

**Figura 15**

*Volumen vehicular*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

• **Resumen de control de flujo vehicular clasificado**

Después de registrado las fichas en campo, se procedió a registrar los datos resultantes en la hoja de resumen de control de flujo de vehículos clasificados en intervalos de 15 min dentro del tiempo especificado para el conteo vehicular, con la

finalidad de establecer el factor de hora pico. En los anexos A y B se ofrecen detalladamente el aforo vehicular completo, clasificado por acceso, clase de vehículo y movimiento.

Se presenta en la Tabla 9 un resumen de aforo por acceso en las horas pico por la mañana, la tarde y la noche en la intersección analizada.

**Tabla 9**

*Resumen de aforo en volúmenes mixtos por acceso en la intersección*

Intersección		Carretera (PE-3N) Huaraz- Caraz		Av. Wilcahuain	Jr. Elias Aguirre	TOTAL	
Horas Pico	Periodo	N-S	S-N	E-O	O-E	Total x 1/4 Hr.	Total Horario
<b>H.P Mañana</b>	07:15 - 07:30	175	230	40	1	446	786
	07:30 - 07:45	192	243	49	3	487	1273
	07:45 - 08:00	162	180	31	2	375	1648
	08:00 - 08:15	156	182	30	4	372	<b>1680</b>
<b>H.P Tarde</b>	13:15 - 13:30	168	185	16	7	376	1610
	13:30 - 13:45	177	202	26	3	408	1531
	13:45 - 14:00	193	223	21	3	440	1596
	14:00 - 14:15	176	226	19	8	429	<b>1653</b>
<b>H.P Noche</b>	18:30 - 18:45	182	191	21	3	397	1674
	18:45 - 19:00	187	208	20	5	420	1686
	19:00 - 19:15	193	192	17	5	407	1653
	19:15 - 19:30	199	190	14	7	410	<b>1634</b>

*Nota.* Datos de Elaboración propia

Una vez determinados los volúmenes totales y las horas pico, procedimos a identificar la composición vehicular de la intersección analizada (Tabla 10).

**Tabla 10***Porcentaje de vehículos en horas pico en la intersección*

Tipo de Vehículo		Intersección: Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la Av. Wilcahuain, Jr. Elías A.					
		07:15 - 08:15		13:15 - 14:15		18:15 - 19:15	
<b>Autom.</b>	Autos	1033	61.5%	996	60.3%	1015	62.1%
	Station	107	6.4%	101	6.1%	91	5.6%
<b>CAMIONETAS</b>	Wagon						
	Camioneta	125	7.4%	184	11.1%	197	12.1%
	Pick up						
	Panel	3	0.2%	13	0.8%	3	0.2%
	Camioneta	291	17.3%	250	15.1%	223	13.6%
	Rural						
	Minivan	17	1.0%	9	0.5%	12	0.7%
<b>MICRO</b>	Microbús	4	0.2%	3	0.2%	6	0.4%
	Ómnibus	12	0.7%	3	0.2%	11	0.7%
<b>BUS</b>	Bus	1	0.1%	0	0.0%	9	0.6%
	Interprovincia						
	1						
<b>CAMION</b>	Camión 2 Ejes	58	3.5%	69	4.2%	37	2.3%
	Camión 3 Ejes	19	1.1%	12	0.7%	17	1.0%
	Camión 4 Ejes	4	0.2%	2	0.1%	4	0.2%
<b>SEMI TRAILER</b>	2S1/2S2	0	0.0%	1	0.1%	0	0.0%
	2S3	2	0.1%	1	0.1%	1	0.1%
	3S1/3S2	4	0.2%	9	0.5%	8	0.5%
<b>TOTAL</b>		1680	100%	1653	100%	1634	100%

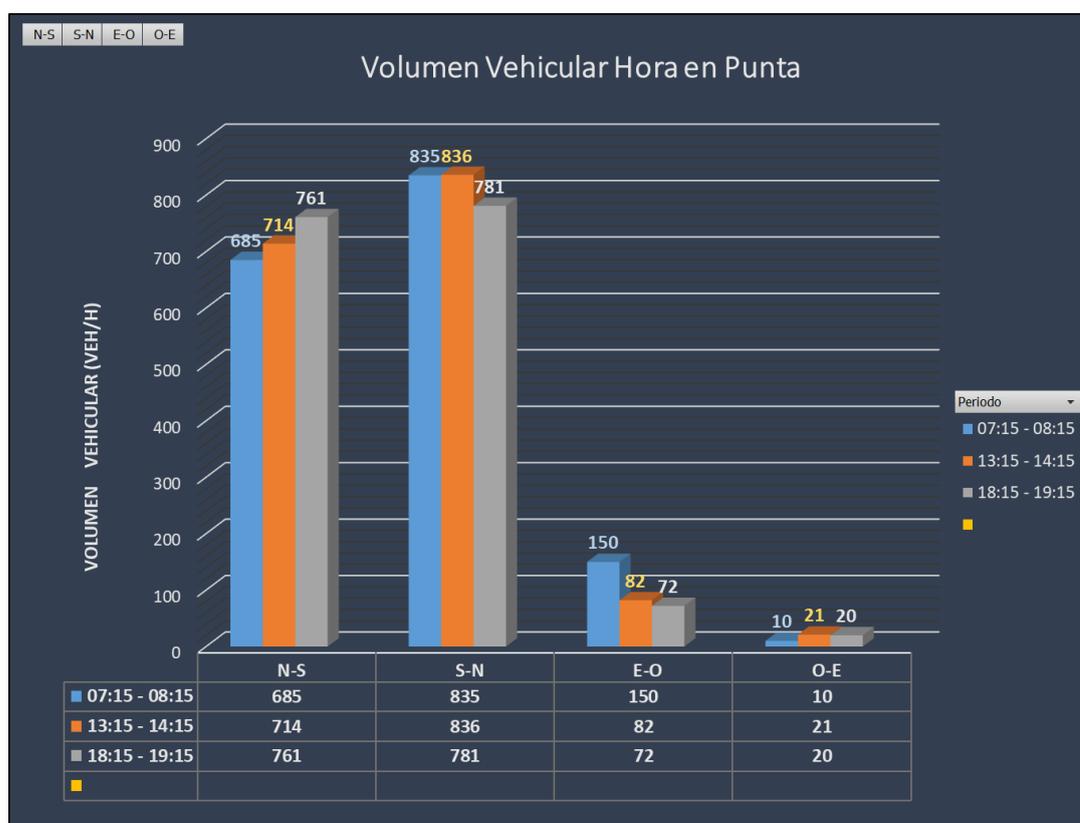
*Nota.* Datos de Elaboración propia

Por último, se efectuó la comparación del flujo vehicular durante las horas pico. de la mañana, la tarde y la noche. Esto se ejecutó con el fin de ver el comportamiento e identificar el horario donde se produce mayor volumen en el día.

A continuación, se presenta la comparación vehicular en hora punta (Figura 16).

**Figura 16**

*Comparación del volumen vehicular en HP*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

• **Flujograma de período crítico**

Se visualiza en la Figura 16 los comportamientos del flujo vehicular de cada sentido, correspondiendo la más crítica a la hora pico de la tarde.

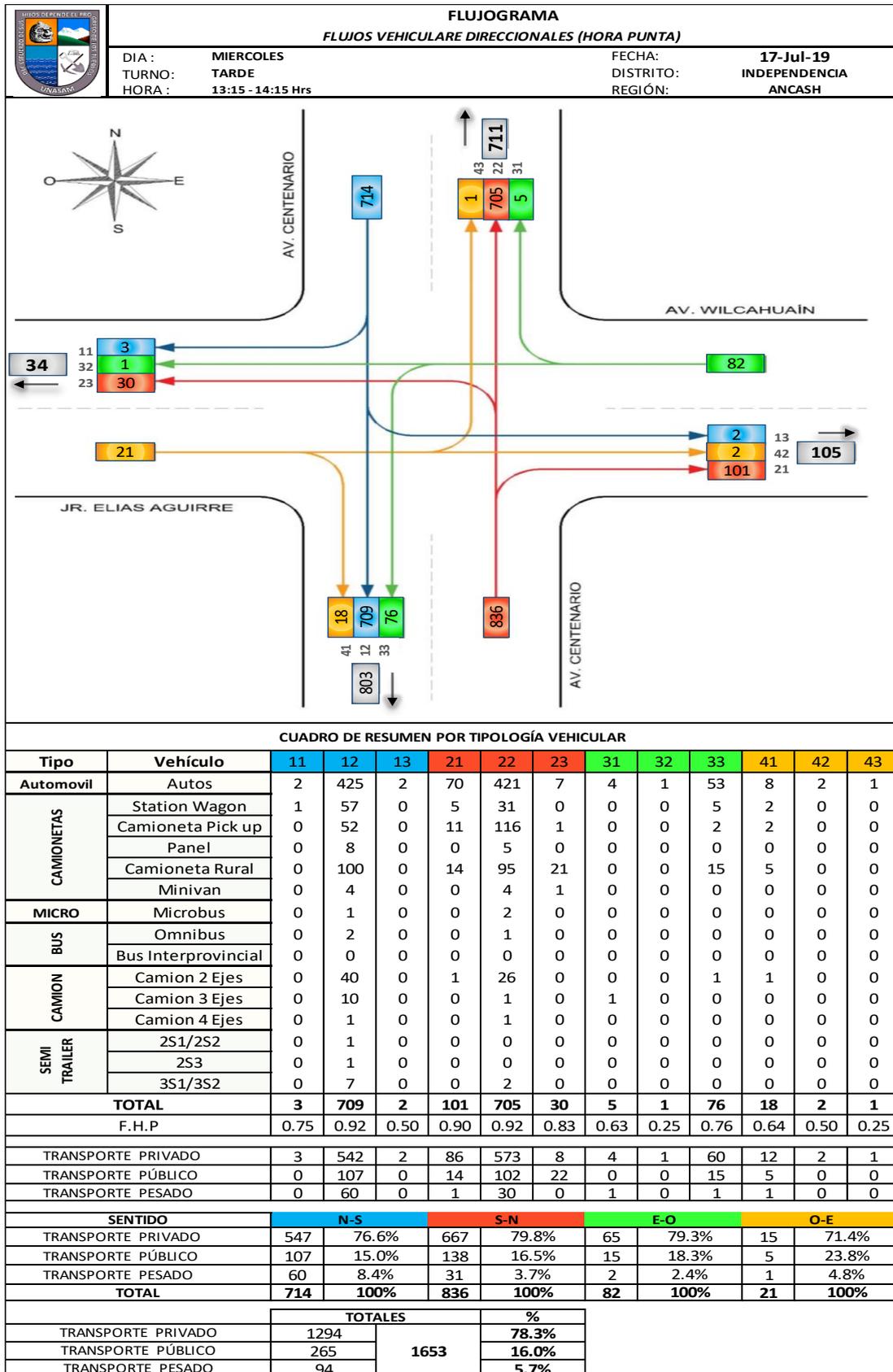
Se muestra la Figura 17, el flujograma del intervalo más crítico, que se llevó a cabo el análisis vial. También la figura se muestran los parámetros importantes como:

- ✓ Factor de hora pico (FHP)
- ✓ Volumen total por acceso
- ✓ Porcentaje de vehículos pesados HV (%)

Los detalles del flujograma de la hora pico durante la mañana, la tarde y la noche, el comportamiento vehicular y la composición del flujo a lo largo de todo el día de los 3 días, se encuentran en el Anexo A.

Figura 17

Flujograma de hora Pico



Nota. Datos de Elaboración propia

- **Tasa de flujo de saturación en condiciones ideales ( $S_0$ )**

La metodología del HCM (2010) establece que el flujo de saturación ideal es de 1750 veh/h, por lo que el análisis se realiza con este valor por ser zona urbana.

- **Buses locales que paran y número de estacionamientos cercanos a la intersección**

El conflicto entre los vehículos se produce por la cantidad de paradas que se realizan en la calzada para embarcar y desembarcar transeúnte en las inmediaciones antes o después del cruce, a una separación de 20 metros de la línea de parada. A pesar de que sus paradas interrumpen el flujo, es importante señalar que las camionetas rurales (combis) y los microbuses (custers) se registraron sin tomar en cuenta los taxis colectivos para determinar el número de paradas.

Así mismo, no se identificó ningún estacionamiento en ningún acceso, lo cual no fue observado el número de maniobras de estacionamiento.

La información recopilada de maniobras de estacionamiento y de paradas conseguido por cada acceso en la intersección en estudio se resumen en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Cantidad de paradas y maniobras de estacionamiento*

Nombre de la Vía	Acceso	Buses que paran x hora (Nb)	Estacionamientos	Respetado	Maniobras de estacionamiento x hora
carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz	Norte (N)	31	No permitido	No	0
	Sur (S)	11	No permitido	No	0
Av. Wilcahuain Jr. Elías Aguirre	Este(E)	0	No permitido	No	0
	Oeste(O)	0	No permitido	No	0

*Nota.* Datos de Elaboración propia

#### 4.3.2 Aforo peatonal en cada intersección analizada

Se utilizó para el cálculo del aforo de peatones, el método manual. Para poder realizar correctamente el aforo, el personal fue preparado para la situación y colocado

estratégicamente en varios puntos del cruce.

El aforo peatonal se realizó en julio de 2019 los días lunes 15 de julio, miércoles y viernes, cubriendo los días típicos del barrio Independencia. A lo largo del período designado de 14 horas, la medición se realizó en intervalos de 15 minutos. Para ello se utilizó una tarjeta de aforo peatonal.

A continuación, se presenta el total de vehículos por día en la intersección (Figura 18).

### Figura 18

*Aforo peatonal en la intersección*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

- **Ficha de aforo peatonal**

Se representa en la figura N° 19 la ficha de aforo peatonal utilizada, donde se tiene en cuenta el tránsito de peatones por los cuatro accesos que tiene la intersección analizada: norte, sur, este y oeste. Esto se hizo con el fin de evaluar el nivel de conflicto que existe entre los peatones y los vehículos que giran a la izquierda o la derecha. Cabe indicar que donde se realizó la investigación no existe ciclovía, por tanto, en este caso

el aforo es cero y únicamente se realizó un conteo de peatones.

**Figura 19**

*Ficha de aforo peatonal*

 <b>FICHA DE AFORO PEATONAL</b>								
"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"								
DÍA :			DISTRITO:			INDEPENDENCIA		
FECHA:			PROVINCIA:			HUARAZ		
TURNO:			REGIÓN:			ANCASH		
HORA	ACCESO PEATONAL							
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO

*Nota.* Datos de Elaboración propia

• **Resumen de control del aforo peatonal**

A continuación, se muestra un resumen del día miércoles 17 de Julio del 2019, el aforo de peatones por acceso (N, S, E, O) en las horas pico de la mañana, tarde y noche que se lograron identificar en las intersecciones analizadas.

**Tabla 12**

*Resumen de aforo peatonal por acceso de la intersección*

Aforo peatonal		Total, de peatones por hora/acceso			
Horas Pico	Periodo	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
H.P Mañana	07:00 - 08:00	92	105	96	141
H.P Tarde	13:15 - 14:15	99	100	103	132
H.P Noche	18:45 - 19:45	94	92	99	122

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### 4.3.3 Estudio de la velocidad de aproximación

Se muestra en la Tabla 13, el tiempo que demoran en cruzar los vehículos la intersección, y la distancia de cruce por cada acceso. Finalmente, aplicando las ecuaciones 2 y 3 se calculó la velocidad media temporal y espacial, siendo esta última la velocidad sugerida por el HCM (2010) para el análisis vial de la intersección.

Un mayor detalle completo en el Anexo D se muestra el cálculo de la velocidad.

**Tabla 13**

*Velocidad de aproximación*

Fase N°	Nombre de la Vía	Acceso	Vel. Aproximación (Km/h)
1	avenida Centenario	Norte(N) Sur(S)	14.3
2	jirón Elías Aguirre	Oeste (O)	20.4

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### 4.4 Estudio de condiciones de semaforización

La zona en estudio analizada se halla semaforizada por tres de sus accesos de entrada con semáforos por cada grupo de carril, tanto NS, SN y EW, en relación con los movimientos que puedan darse simultáneamente. Se comenzó a llevar un registro de intervalos de tiempos de los semáforos en rojo, ámbar y verde de cada intersección. Todas estas piezas informativas se recopilaban en el sitio.

Se percibe que está controlada por un semáforo de tiempo fijo, convencional, con buena claridad, y tiene contadores digitales de tiempo en la intersección.

Los datos que presentamos a continuación fueron recopilados in situ. Se utilizaron cronómetros y cámaras de video como herramientas de medición. De esta forma, se realizaron registros de los ciclos semaforicos en la intersección durante un período de 15 minutos. Después de eso, la oficina analizó las fases del semáforo y reunió los datos pertinentes. La información fue recolectada en campo, donde se percibió que funcionan a intervalos establecidos los semáforos. De la recopilación de

datos se procesan en gabinete se podían distinguir dos fases (Fase 1: Acceso Norte y Sur; Fase 2: Acceso Oeste). De igual forma se determinó que en las fases tienen un tiempo de todo rojo  $TR = 2$  seg. Igualmente, el tiempo de despeje o tiempo de entre verde en la intersección es  $Y = 5$  seg.

A continuación, en las Tabla 14, Tabla 15 y Figura 20 se muestra un resumen de los datos conseguidos.

- **Intersección: jirón Elías Aguirre y avenida Wilcahuaín con la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz**

**Tabla 14**

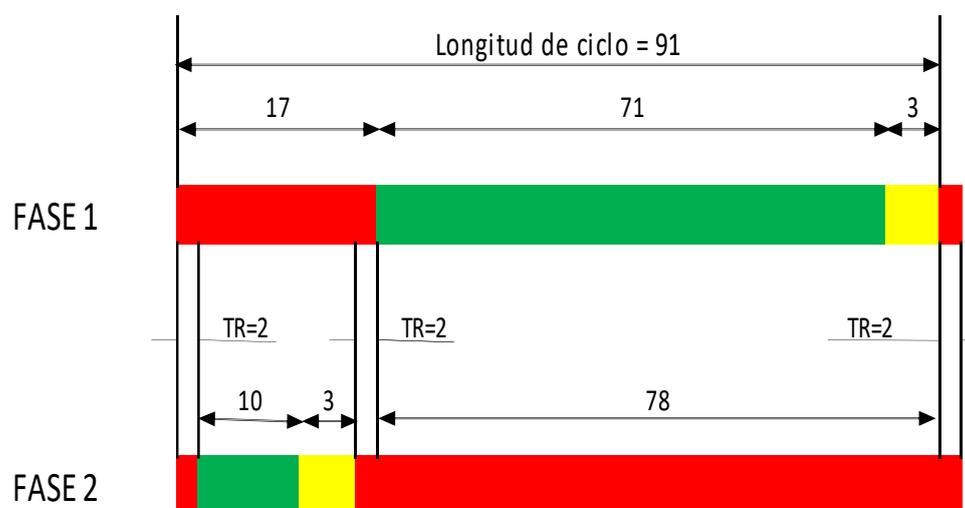
*Duración de Fases de la intersección*

Fase N°	Nombre de la vía	Acceso	Tiempo (segundos)			Longitud de ciclo
			verde	amarillo	rojo	
1	Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz	norte (N) sur (S)	71	3	17	91
2	jirón Elías Aguirre – avenida Wilcahuaín	este (E) oeste (O)	10	3	78	91

*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Figura 20**

*Diagrama de Tiempos de Fase de la Intersección*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Tabla 15***Datos complementarios de fases de la intersección N° 1*

<b>Fase</b>	<b>Nombre de la vía</b>	<b>Acceso</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Botón peatonal</b>	<b>Verde peatonal</b>	<b>Plan de fases</b>
1	Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz	norte ( <b>N</b> ) sur ( <b>S</b> )	Prefijada	No	No	No
2	jirón Elías Aguirre – avenida Wilcahuain	este ( <b>E</b> ) oeste ( <b>O</b> )	Prefijada	No	No	No

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

#### 5.1 Estudio de la situación actual y los factores que intervienen en el análisis vial de la intersección

El análisis vial está basado fundamentalmente en el Highway Capacity Manual (HCM, 2010), con la finalidad de conocer las medidas de eficiencia como el nivel de servicio por grupo de carriles, acceso de la intersección en forma global y demoras con la finalidad de evaluar la situación actual de la intersección.

##### 5.1.1 La intersección avenida Wilcahuain – jirón Elías Aguirre con la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz.

Se utilizó para el estudio de intersecciones semaforizadas el método HCM (2010). A continuación, se realizó paso a paso el proceso así conseguir el resultado que serán detallados en diferentes cuadros.

#### a. Ajuste de la demanda

Teniendo el ingreso norte como ejemplo, seguidamente, se detallan el procedimiento de cálculo.

Se identificó la dirección, el sentido de flujo y movimientos. Se muestra el flujograma en la Figura 16, por movimiento el volumen del horario de máxima demanda (VHMD).

Seguidamente para cada movimiento se determina el factor de hora pico FHP el empleando la ecuación N° 13. Para nuestro caso se tomó los movimientos lineales.

$$FHV = \frac{VHMD}{4 * (V15)} = \frac{705}{4 * (192)} = 0.92$$

Seguidamente con la ecuación N° 8, calculamos el factor de ajuste por vehículo pesado se obtuvo empleando la.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 3.7(2.5 - 1) + 0(2 - 1)} = 0.947$$

Luego para cada movimiento y acceso empleamos la ecuación N° 14, se calcula la tasa de flujo ajustado.

Para el movimiento de frente 33, se tiene:

$$V_{P/mov} = \frac{705}{0.92 * 0.947} = 809$$

Luego para el acceso norte, se tiene:

$$V_{P/acceso} = \sum V_{P/carril} = 119 + 809 + 39 = 967$$

Seguidamente se determina la proporción de giros del acceso norte tanto en la derecha y a la izquierda.

Proporción de giros a la izquierda determinamos de la siguiente manera:

$$P_{LT} = \frac{39}{967} = 0.04$$

Proporción de giros a la derecha determinamos de la siguiente manera:

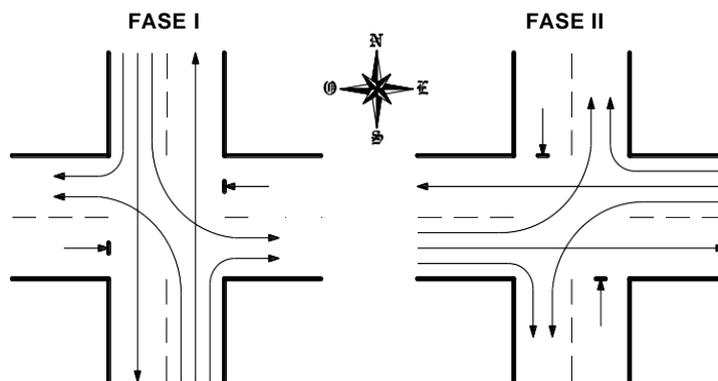
$$P_{RT} = \frac{119}{967} = 0.12$$

### b. Ajuste de la oferta (Determinación de la tasa de flujo de saturación)

En esta parte identificamos la cantidad de fases. Se obtuvo dos fases (para los accesos norte-sur la fase I y para el acceso oeste la fase II), la Figura 21 se detalla en.

**Figura 21**

*Gráfico de fases de la intersección N° 1 y 2*



*Nota.* Datos tomados de Rondoño (2018, p. 70).

Lo ideal se considera para el flujo de saturación 1750 veh/h/carril, según la HCM (2010).

De la recolección de datos se obtuvo: el número de carriles  $N=1$  y ancho de carril  $W=3.30\text{m}$  (ver Tabla 7).

Para determinar el factor de ajuste empleamos las fórmulas descritas en los anteriores párrafos.

Factor de ajuste por ancho de carril:  $f_w = 1.00$ . El factor de ajuste por pendiente se obtiene:

$$f_g = 1 - \frac{1.00\%}{200} = 0.999$$

Para el Factor de ajuste por estacionamiento determinamos con la ecuación N ° 17. De modo que no presentan parqueos o estacionamientos, es:

$$f_p = 1.00$$

Luego determinamos utilizando la ecuación N ° 18, el Factor de ajuste por bloqueo de buses:

$$f_{bb} = \frac{1 - \frac{14.4 * 31}{3600}}{1} = 0.876$$

Debido a que la intersección se posiciona en un área urbana, el Factor de ajuste por tipo de área,  $F_a = 1.00$ .

El Factor de ajuste por utilización de carril es:

$$f_{LU} = \frac{836}{836 * 1} = 1$$

Para giros a la izquierda el Factor de ajuste es:

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05(0.04)} = 0.998$$

Para giros a la derecha (único carril) el Factor de ajuste es:

$$f_{RT} = 0.85$$

Seguidamente calculamos el factor de ajuste de bloqueos para giros a la izquierda de peatones/ciclistas.

Primeramente, determinamos el volumen de peatones y ciclistas en la zona de conflicto (Tabla 15); en este caso para el acceso este.

$$V_{ped/h} = 103 \quad y \quad V_{bic/h} = 0$$

Luego, se obtuvo la longitud de ciclo y el tiempo verde efectivo (Figura 18).

$$C = 91 \text{ seg} \quad y \quad g = 71 \text{ seg}$$

Entonces la duración para peatones de tiempo verde es:  $g_{ped} = 71 \text{ seg}$

Usando las ecuaciones de la tabla 5, se determinó en el tiempo verde -para peatones el volumen de peatones:

$$V_{pedg} = \frac{103 * 91}{71} = 132$$

Como no se observa la existencia de ciclistas, para el tiempo verde para peatones y ciclistas el volumen de ciclistas es:  $V_{bicg} = 0$

Luego determinamos de la zona de conflicto la tasa de ocupación de peatones. Utilizando las ecuaciones de la Tabla 5,

$$OCC_{pedg} = \frac{132}{2000} = 0.07$$

Asimismo, determinamos en la zona de conflicto la tasa de ocupación de ciclistas es:

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{0}{2700} = 0$$

Seguidamente calculamos el tiempo verde para peatones y ciclistas OCCr la ocupación de la zona de conflicto utilizando la ecuación N° 26. (Rondoño,2018).

$$OCC_r = 0.07 * \frac{71}{71} + 0 - \frac{71}{71} * 0.07 * 0 = 0.07$$

Teniendo la condición geométrica de las vías, se determinó el número de carril de recepción (Nrec) y el número de carril de giro (Nturn).

$$Nrec = 2 \text{ y } Nturn = 1$$

Luego, determinamos en la fase permitida por giro a la izquierda el factor de ajuste de la ocupación.

$$A_{pbT} = 1 - 0.6(0.07) = 0.96$$

Se determina el factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para giros a la izquierda, utilizando la ecuación N° 22.

$$f_{Lpb} = 1 - 0.04 * (1 - 0.96) (1 - 0) = 0.998$$

Continuando se calculó el factor de ajuste por bloqueo de peatone/ciclista para giro a la derecha utilizando la ecuación N° 23.

$$f_{Rpb} = 1 - 0.12 * (1 - 0.93)(1 - 0) = 0.99$$

Por último, determinamos la tasa de flujo de saturación ajustado S (veh/h)

$$S = 1750 * 1 * 1 * 0.947 * 0.999 * 1 * 0.876 * 1 * 1 * 0.998 * 0.85 * 0.998 * 0.99$$

$$S = 1214 \text{ veh/h}$$

### **c. Determinación de la capacidad y la relación volumen-capacidad (v/c)**

Determinaremos en la intersección la capacidad, relación v/c, y el grado de saturación crítica. Estos valores se muestra el cálculo en el Anexo E. De las condiciones del semáforo se obtiene el tiempo verde efectivo, mientras al tiempo entre luces verdes ( $t_L=5\text{seg}$ ) es igual que el tiempo perdido.

Utilizando la ecuación N° 27, calculamos la capacidad del grupo de carriles:

$$c_i = \frac{71}{91} * 1214 = 947$$

Relación volumen capacidad:

$$X_i = \frac{967}{947} = 1.02$$

Grado de saturación por acceso:

$$Y_i = \frac{967}{1214} = 0.797$$

Y por fase la suma de grado de saturación crítica es:

$$Y_c = 0.797 + 0.143 = 0.94$$

Por ciclo el tiempo total perdido es:

$$L = \sum(A_i + TR_i) = 3 + 3 + 2 + 2 = 10 \text{ seg}$$

En la intersección el grado de saturación crítico es:

$$Y_c = \frac{91}{91 - 10} * (0.94) = 1.05$$

Esto nos indica que la intersección en los grupos de carriles críticos, funciona al 105% de su capacidad.

#### d. Determinación del nivel de servicio (NDS)

En esta sección se determina las demoras para cada grupo de carril para cada acceso y en toda la intersección, con lo cual el nivel de servicio se determina (Anexo D).

Utilizando la ecuación N° 30, la demora uniforme se calcula:

$$d_1 = \frac{(0.5)(91)(1 - \frac{71}{91})^2}{1 - [\min(1, 1.02) * 71/91]} = 10.01$$

La demora incremental, se obtendrá utilizando la ecuación N° 31:

$$d_2 = 900(0.25)[(1.02 - 1) + \sqrt{0.02^2 + 4 * \frac{1.02}{947(0.25)}}] = 34.6$$

Después de las percepciones en la zona de estudio, se tiene que la demora por cola inicial es  $d_3 = 0$ , por la presencia por cola inicial es despreciable ( $Q_b = 0$ ).

Luego determinamos la demora media del grupo de carriles utilizando la

ecuación N° 36, debido que las llegadas de los vehículos son aleatorias, el factor de coordinación  $PF = 1.0$ .

$$d_T = 10.01*(1.0) + 34.6 + 0 = 44.60 \text{ seg/veh.}$$

El nivel de servicio es D de este grupo de carriles según la Tabla 6.

Utilizando la ecuación N° 37, se determinó la demora por acceso.

$$d_A = \frac{44.6 * 96791}{967} = 44.6$$

Esto resulta un nivel de servicio D.

finalmente, en toda la intersección la demora se obtuvo con la ecuación N° 38,

$$d_I = \frac{18.81 * 878 + 44.63 * 967 + 237.08 * 118}{878 + 967 + 118} = 44.64$$

De acuerdo con la Tabla 6, para toda la intersección el nivel de servicio (NDS) es D.

### **5.1.2 Situación actual aplicando el software Synchro 8.0**

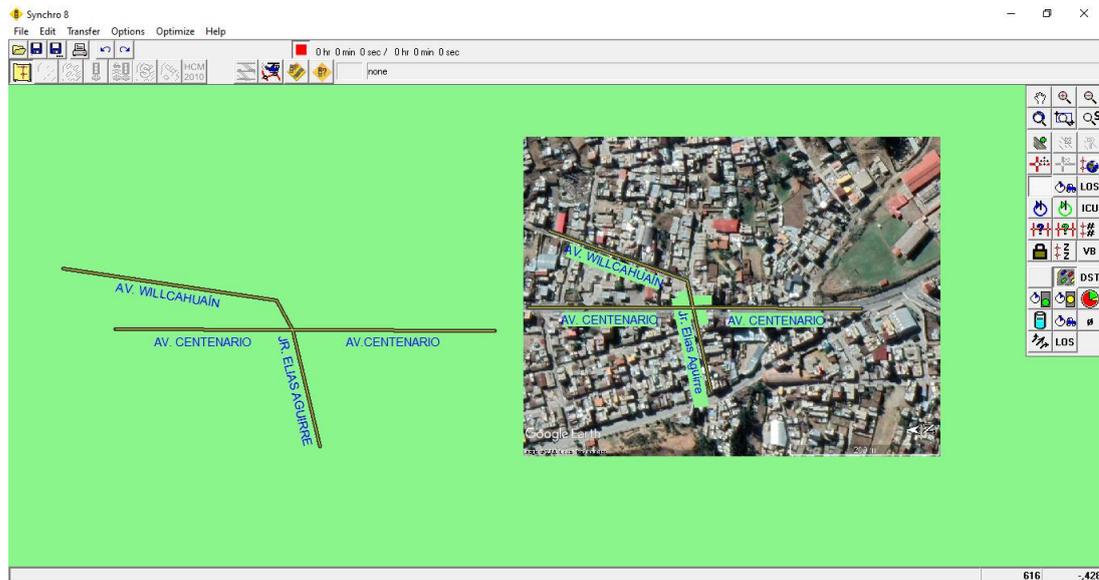
Se describe en esta parte los procedimientos seguidos, como la entrada de datos, ajuste de la demanda de vehículos, ajuste de la oferta, la obtención de la capacidad y las medidas de eficiencia como los retrasos y los niveles de servicio. La finalidad fue evaluar la situación actual de la intersección de estudio. (Rondoño,2018).

Primeramente, se identificó la zona donde se encuentra la intersección de estudio y se graficó en base a la condición geométrica (pendiente, ancho promedio de carril, movimientos permitidos, número de carril) obtenidas en zona de estudio.

A continuación, se presenta el trazo de intersección en el *software* (Figura 22).

## Figura 22

Traza de intersección analizada en el mapa de la ventana del programa



Nota. Datos de Elaboración propia

La configuración de carriles (Lane Settings) en la Figura 23 representa las características geométricas del área estudiada, incluida la dirección del flujo (una dirección o dos), cantidad de carriles, longitud de cada sección de vía, volumen de tráfico, velocidad, flujo de saturación ideal, anchos de los carriles, pendientes y el tipo de área.

Se obtuvo los resultados como factores de giro a la derecha e izquierda, factores de giro por volumen de peatones y bicicletas, factor de utilización de carril y flujo de saturación ajustado se muestran en esta figura en azul.

**Figura 23**

*Configuración de geometría por carril (Lane Settings)*

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO\Desktop\TESIS\SYNCHRO\Situacion actual.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 0 min 0 sec / 0 hr 0 min 0 sec

HCM 2010

LANE SETTINGS

	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕						↕		
Traffic Volume (vph)	2	709	3	30	705	101	1	2	18	76	1	5
Street Name												
Link Distance (m)	219.9			155.8			109.3			38.8		
Links Speed (km/h)	20			20			20			20		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	39.6			28.0			19.7			7.0		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.0	3.0	3.0	3.9	3.9	3.9
Grade (%)	-1			1			15			-6		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>											
Storage Length (m)	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes (#)												
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)												
Add Lanes (#)												
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.999			0.984						0.990		
Left Turn Factor (prot)	1.000			0.998						0.957		
Saturated Flow Rate (prot)	1502			1329						1695		
Left Turn Factor (perm)	0.997			0.958						0.723		
Right Ped Bike Factor	0.999			0.955						0.980		
Left Ped Factor	1.000			0.998						0.761		
Saturated Flow Rate (perm)	1497			1273						974		
Right Turn on Red?	<input type="checkbox"/>											
Saturated Flow Rate (RTOR)	0			0						0		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>											
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>											

Link Is Hidden, is not shown on scene

*Nota.* Datos de Elaboración propia

El software nos permite ingresar volúmenes mixtos de vehículos, peatón y bicicletas que interfieren con el giro en la derecha o en la izquierda. La presencia de estacionamientos, el número de maniobras de estacionamiento, la proporción de vehículos pesados y las horas pico juegan un papel importante. Con los detalles de la información mencionada anteriormente, la configuración de volumen (Configuración de volumen) se muestra la Figura 24.

El resultado de flujo inicial representa los valores en azul que se han ajustado para los factores de crecimiento y de hora pico, así como el flujo ajustado por grupo de carril.

**Figura 24**

*Configuración de volumen (Volume Settings) de la intersección*

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO\Desktop\TESIS\SYNCHRO\Situacion actual.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 0 min 0 sec / 0 hr 0 min 0 sec

HCM 2010

4

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕						↕		
Traffic Volume (vph)	2	709	3	30	705	101	1	2	18	76	1	5
Conflicting Peds. (#/hr)	132	—	103	103	—	132	95	—	99	99	—	95
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.50	0.92	0.75	0.83	0.87	0.90	0.25	0.50	0.64	0.76	0.25	0.63
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	8	8	8	4	4	4	5	5	5	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	11	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	4	771	4	36	810	112	4	4	28	100	4	8
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	779	0	0	958	0	0	36	0	0	112	0

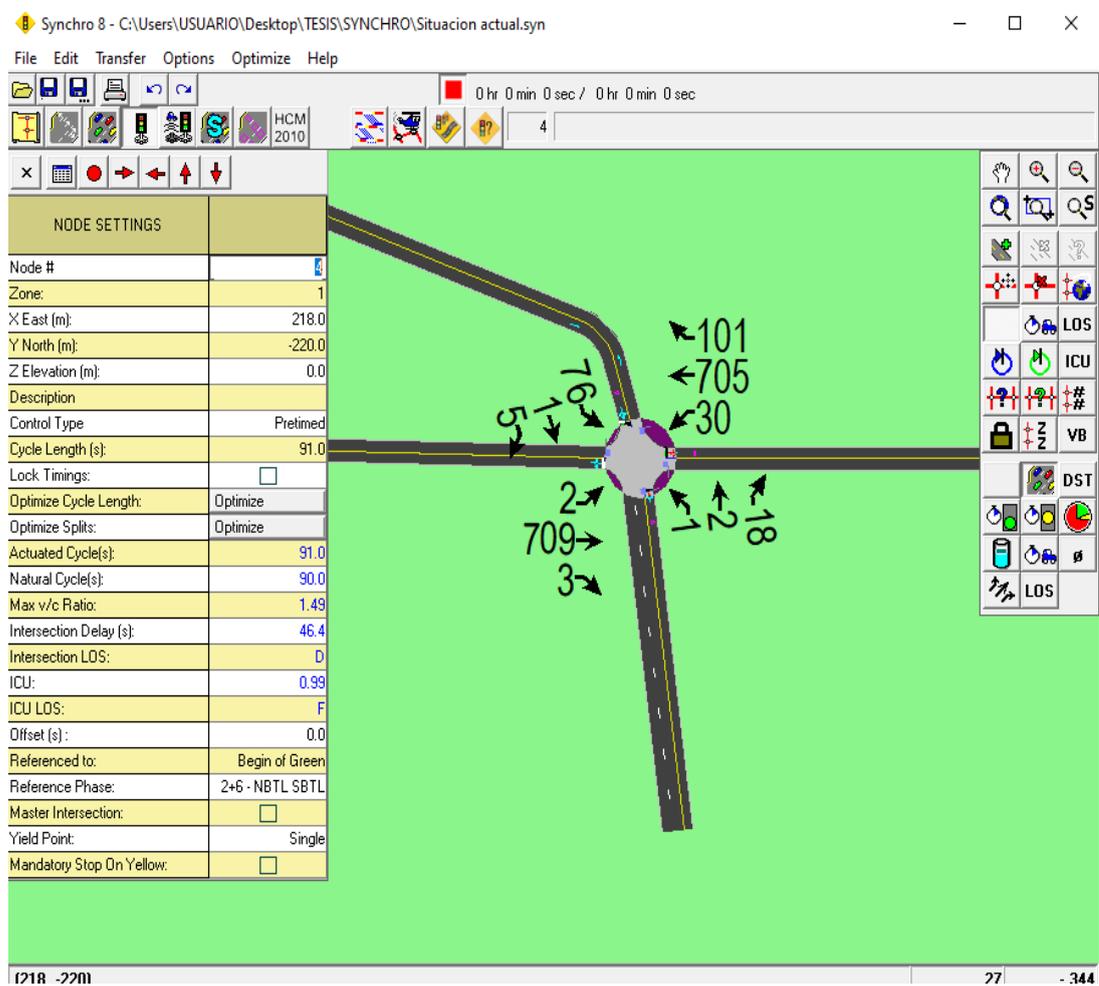
*Nota.* Datos de Elaboración propia

En la intersección la Figura 25 presenta la configuración o nodo (Node Settings). Se establece en esta parte el tipo de control de intersecciones (semáforos de tiempo fijo, accionados por tránsito, accionados por semi tránsito, sin semáforo y rotonda). Además, se ingresa el tiempo de ciclo de la intersección. La duración del ciclo se puede optimizar o las fases de la intersección se pueden optimizar sin afectar la duración del ciclo.

La duración del ciclo, el retraso en la intersección, la relación volumen-capacidad, la utilización de la capacidad de la intersección (ICU) y el nivel de servicio de la intersección (NDS) son todos valores en azul que representan los resultados.

**Figura 25**

*Configuración de intersección o nodo (Node Settings)*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

Los retrasos del dispositivo de control se toman en cuenta al ingresar información sobre los tiempos, movimiento permitido, tiempo máximos y mínimo por fase, tiempo todo rojo, tiempo de luz amarilla y tiempos por fase. Se muestra un resumen de estos datos de entrada en la Figura 26, del diagrama de fase de la intersección. Se muestran en azul de manera similar los resultados, enfatizando para cada acceso a la intersección la demora y el nivel de servicio.

**Figura 26**

*Configuración de tiempos (Timing Settings)*

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO\Desktop\TESIS\SYNCHRO\Situacion actual.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 0 min 0 sec / 0 hr 0 min 0 sec

HCMM 2010

4

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	4	Detector Phases													
Zone	1	Switch Phase													
X East (m)	218.0	Leading Detector (m)													
Y North (m)	-220.0	Trailing Detector (m)													
Z Elevation (m)	0.0	Minimum Initial (s)													
Description		Minimum Split (s)													
Control Type	Planned	Total Split (s)													
Cycle Length (s)	91.0	Yellow Time (s)													
Lock Timings	<input type="checkbox"/>	All-Red Time (s)													
Optimize Cycle Length	Optimize	Lost Time Adjust (s)													
Optimize Spikes	Optimize	Lagging Phase?													
Actualized Cycle(s)	91.0	Allow Lead/Lag Optimize?													
Natural Cycle(s)	90.0	Recall Mode													
Max v/c Ratio	1.49	Adjusted Effort Green (s)													
Intersection Delay (s)	46.4	Adjusted g/C Ratio													
Intersection LOS	0.99	Volume to Capacity Ratio													
ICU	0.99	Control Delay (s)													
ICU LOS	F	Queue Delay (s)													
Offset (s)	0.0	Total Delay (s)													
Referenced to	Begin of Green	Level of Service													
Reference Phase	2+6-NBTL-SBTL	Approach Delay (s)													
Master Intersection	<input type="checkbox"/>	Approach LOS													
Yield Point	Single	Queue Length 50h (m)													

*Nota.* Datos de Elaboración propia

En la ventana de configuración de fase se ingresa de la intersección de estudio el tiempo que demora por deterioro y el tiempo mínimo de cruce para la distancia que hay entre dos vehículos consecutivos. En la Figura 27 se muestran estos parámetros utilizados.

**Figura 27**

*Configuración de fases (Phasing Settings)*

NODE SETTINGS		PHASING SETTINGS				
		2-NBTL	4-EBTL	6-SBTL	8-WBTL	
Node #	4	Minimum Initial (s)	4.0	1.0	1.0	1.0
Zone:	1	Minimum Split (s)	12.0	23.0	12.0	23.0
X East (m):	218.0	Maximum Split (s)	15.0	76.0	15.0	76.0
Y North (m):	-220.0	Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Z Elevation (m):	0.0	All-Red Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0
Description		Lagging Phase?	—	—	—	—
Control Type	Pretimed	Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—
Cycle Length (s):	91.0	Vehicle Extension (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Gap (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Optimize Cycle Length:	Optimize	Time Before Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Optimize Splits:	Optimize	Time To Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Actuated Cycle 90th (s):	91.0	Recall Mode	Max	Max	Max	Max
Actuated Cycle 70th (s):	91.0	Pedestrian Phase	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Actuated Cycle 50th (s):	91.0	Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0
Actuated Cycle 30th (s):	91.0	Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0
Actuated Cycle 10th (s):	91.0	Pedestrian Calls (#/hr)	0	0	0	0
Natural Cycle(s):	90.0	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Max v/c Ratio:	1.49	Fixed Force Off?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Intersection Delay (s):	46.4	90th %ile Green Time (s)	10 cd	71 mr	10 cd	71 mr
Intersection LOS:	D	70th %ile Green Time (s)	10 cd	71 mr	10 cd	71 mr
ICU:	0.99	50th %ile Green Time (s)	10 cd	71 mr	10 cd	71 mr
ICU LOS:	F	30th %ile Green Time (s)	10 cd	71 mr	10 cd	71 mr
Offset (s):	0.0	10th %ile Green Time (s)	10 cd	71 mr	10 cd	71 mr
Referenced to:	Begin of Green					
Reference Phase:	2+6 - NBTL SBTL					
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>					
Yield Point:	Single					

*Nota.* Datos de Elaboración propia

Seguidamente, en la ventana de configuración de la simulación ingrese los datos para las longitudes de carriles adicional de almacenamiento (es cero, no existe en la intersección), ancho de berma central, vehículos que ingresan en una intersección bloqueada, desfase de ejes de la vía, ancho de cruce peatonal y velocidad para giro a la izquierda y da la derecha. Los datos considerados en la intersección analizada se presentan en la siguiente figura.

**Figura 28**

*Configuración de simulación (Simulation Settings)*

SIMULATION SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕			↕			↕		
Traffic Volume (vph)	2	709	3	30	705	101	1	2	18	76	1	5
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taper Length (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Alignment	Left	Left	Right									
Lane Width (m)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.0	3.0	3.0	3.9	3.9	3.9
Enter Blocked Intersection	No	No	No									
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Link Offset (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Crosswalk Width (m)	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—
TWLT Median	—	<input type="checkbox"/>	—									
Headway Factor	1.15	1.22	1.15	1.17	1.38	1.17	1.33	1.33	1.33	1.03	1.03	1.03
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15
Mandatory Distance (m)	—	91.0	—	—	91.0	—	—	91.0	—	—	91.0	—
Positioning Distance (m)	—	166.8	—	—	166.8	—	—	166.8	—	—	166.8	—
Mandatory Distance 2 (m)	—	111.2	—	—	111.2	—	—	111.2	—	—	111.2	—
Positioning Distance 2 (m)	—	222.4	—	—	222.4	—	—	222.4	—	—	222.4	—

Storage length for turning bay, in meters

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## CAPÍTULO VI

### ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

#### 6.1 Alternativa N° 01: Optimización de semáforos con el software Synchro 8.0

##### 6.1.1 Optimización de semáforo con el software Synchro 8.0, de la situación actual

Analizando la situación en la intersección, simultáneamente se analizó el tráfico, la geometría y las características de los semáforos, se optimizaron los semáforos con apoyo del software Synchro 8.0. Para ello nos encontramos en la ventana de Ajustes de tiempo con iconos de optimización de distribución (optimización de fase) y optimización de duración de ciclo (longitud de ciclo).

La Figura 29, presenta la intersección no optimizada, es decir, los valores calculados en base a la situación actual, donde se puede observar que el retraso total de la intersección es de 46,4 segundos, la duración del período es de 91 segundos y la relación volumen/capacidad es de 1,49.

**Figura 29**

*Intersección sin optimizar*

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO\Desktop\TESIS\SYNCHRO\Situacion actual - ALT 1.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 0 min 0 sec / 0 hr 0 min 0 sec

4 Av. Centenario / Av. Centenario

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Zone:	1	Switch Phase													
X East (m):	218.0	Leading Detector (m)													
Y North (m):	-220.0	Trailing Detector (m)													
Z Elevation (m):	0.0	Minimum Initial (s)													
Description:		Minimum Split (s)													
Control Type:	Pretimed	Total Split (s)													
Cycle Length (s):	91.0	Yellow Time (s)													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	All-Red Time (s)													
Optimize Cycle Length:	Optimize	Lost Time Adjust (s)													
Optimize Split:	Optimize	Lagging Phase?													
Actuated Cycle(s):	91.0	Allow Lead/Lag Optimize?													
Natural Cycle(s):	95.0	Recall Mode													
Max v/c Ratio:	1.49	Actuated Effct. Green (s)													
Intersection Delay (s):	46.4	Actuated g/C Ratio													
Intersection LOS:	D	Volume to Capacity Ratio													
CIU:	0.99	Control Delay (s)													
CIU LOS:	F	Queue Delay (s)													
Offset (s):	0.0	Total Delay (s)													
Referenced to:	Begin of Green	Level of Service													
Reference Phase:	2+6 - NBTL SBTL	Approach Delay (s)													
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Approach LOS													
Yield Point:	Single	Queue Length 50th (m)													
Mandatory Stop On Yellow:	<input type="checkbox"/>	Queue Length 95th (m)													

*Nota.* Datos de Elaboración propia

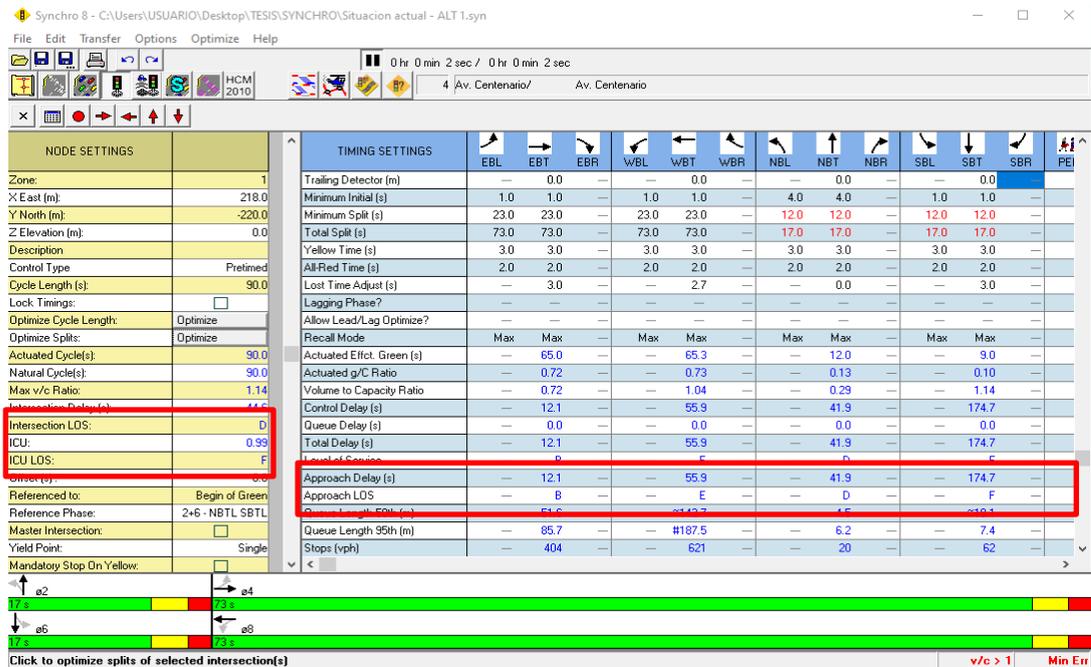
En la intersección los parámetros optimizados se muestran en la Figura 30.

Aquí se aprecia que disminuyó a 90 segundos, además disminuyó a 1.14 la relación

v/c. Además, se redujo a 44.6 segundos la demora total. Por tanto, el *software* nos muestra un diagrama de fases optimizadas.

**Figura 30**

*Intersección optimizada*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

continuyendo la misma metodología se efectúa de la intersección la optimización y para las velocidades establecidas en el presente estudio. El resumen de comparación de parámetros diseñados y optimizados se presenta en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Resumen de parámetros optimizados*

FASES	I	II
Sentidos de Flujos	N-S / S-N	E-O
velocidad de aproximación	20	20
Tiempo de luz verde: V (seg)	73	17
Tiempo de luz ambar: A (seg)	3	3
Tiempo de todo rojo: TR (seg)	2	2
Tiempo de luz rojo: R (seg)	12	68
Longitud de ciclo (seg)	<b>90</b>	<b>90</b>

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### 6.1.2 Optimización semafórica proyectado 20 años usando el software Synchro 8.0

Ya obtenidos los parámetros de diseño semafórico optimizado, se determinó el factor de crecimiento (GF) para una proyección de 20 años, para lo cual se ha tomado en consideración una tasa de crecimiento poblacional de 0.7% (INEI).

Para el tiempo que se proyectará se calculará el factor de crecimiento, se usará la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de crecimiento (GF)} = (1 + r)^y$$

Donde:

r = tasa de crecimiento = 0.7%

y = número de años = 20 años

Por lo consiguiente, el factor de crecimiento es = 1.15

Luego, teniendo el factor de crecimiento, en el Software Synchro 8.0. se procedió a ingresar el valor. Para ello, nos ubicamos en la ventana Volume Settings, que contiene el ícono de Growth Factor (Factor de Crecimiento).

En la intersección proyectada optimizada, donde se puede apreciar que aumentó el flujo vehicular de la intersección en 295 vehículos, se presenta en la Figura 31.

**Figura 31**

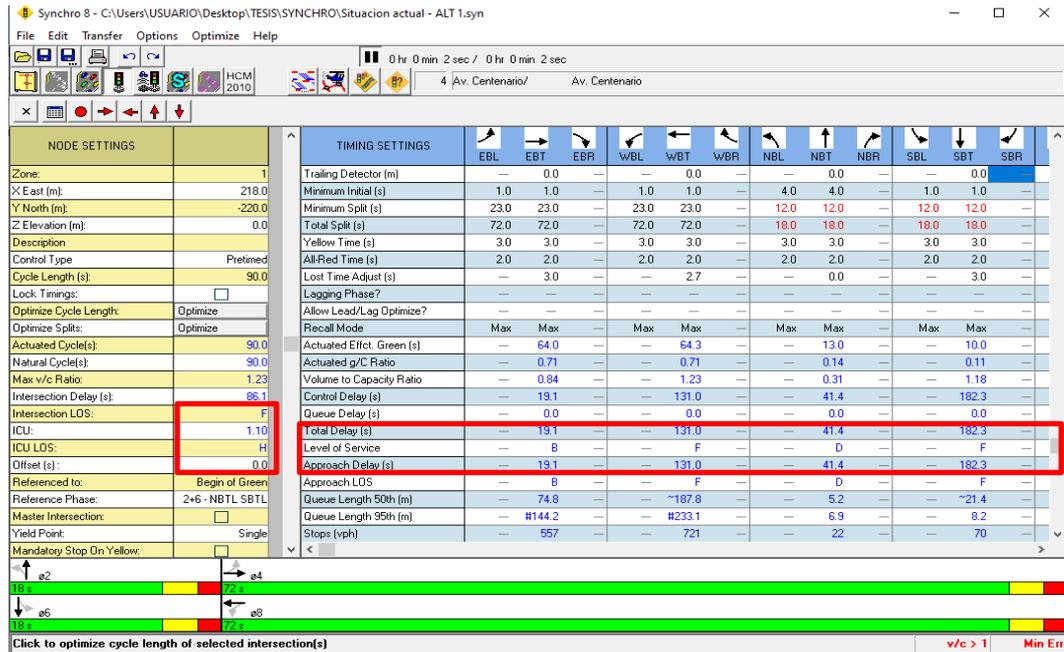
*Flujo vehicular proyectado*

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	2	709	3	30	705	101	1	2	18	76	1	5
Conflicting Peds. (#/hr)	132	—	103	103	—	132	95	—	99	99	—	95
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.59	0.99	0.75	0.99	0.97	0.99	0.35	0.59	0.64	0.76	0.35	0.69
Growth Factor	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Heavy Vehicles (%)	8	8	8	4	4	4	5	5	5	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	11	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	5	886	5	42	932	129	5	5	32	115	5	9
Volume in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	896	0	0	1103	0	0	42	0	0	129	0

Nota. Datos de Elaboración propia

La Figura 32 presenta de la intersección los parámetros optimizados. Aquí se puede visualizar que se mantiene el ciclo a 90 segundos. Asimismo, la relación v/c subió a 1.23. También, aumentó la demora total a 86.1 segundos: Por tanto, en el software se muestra un diagrama de fases optimizadas para una proyección 20 años.

**Figura 32**  
*Intersección optimizada proyectada*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

Seguidamente, se muestra un cuadro comparativo de parámetros diseñado y optimizado.

**Tabla 17**  
*Resumen de parámetros optimizados*

FASES	I	II
Sentidos de Flujos	N-S / S-N	E-O
Velocidad de aproximación	20	20
Tiempo de luz verde: V (seg)	72	18
Tiempo de luz ambar: A (seg)	3	3
Tiempo de todo rojo: TR (seg)	2	2
Tiempo de luz rojo: R (seg)	11	67
Longitud de ciclo (seg)	<b>90</b>	<b>90</b>

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## 6.2 Alternativa N° 02: Incremento de carriles para los accesos Norte y Sur utilizando el software Synchro 8.0

### 6.2.1 Incremento de carril para los accesos Norte y Sur – escenario Actual

En esta alternativa propuesta en la intersección analizada es el incremento de carril en la Carretera Huaraz-Caraz en los dos sentidos, tanto en el acceso norte como sur, por lo que mejoraría el nivel de servicio actual.

#### Figura 33

*Incremento de carril en la avenida Centenario, dirección N-S y S-N. Escenario actual*

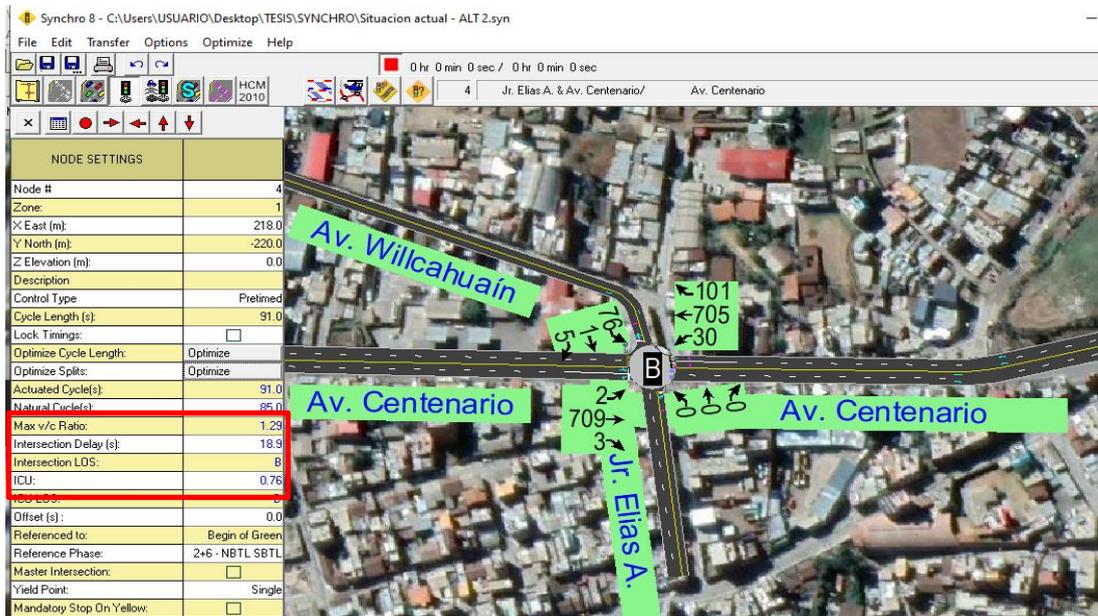


*Nota.* Datos de Elaboración propia

Los parámetros de la intersección incrementando los carriles se presenta en las figuras 34 y 35. Se aprecia que la relación v/c es 1.29 y la demora total es de 18.9 segundos.

**Figura 34**

*Nivel de servicio del escenario actual en la intersección.*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Figura 35**

*Factor de Utilización (ICU) de la intersección. Escenario actual*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

### 6.2.2 Incremento de carril para los accesos Norte y Sur – Escenario proyectado a 20 años

Una vez incrementado los carriles en la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz, se determina el factor de crecimiento (GF) para una proyección de 20 años, para lo cual la tasa de crecimiento poblacional se ha considerado de 0.7% (INEI).

Para calcular el factor de crecimiento durante el tiempo que se proyectará, se usa la fórmula siguiente:

$$\text{Factor de crecimiento (GF)} = (1 + r)^y$$

Donde:

$$r = \text{tasa de crecimiento} = 0.7\%$$

$$y = \text{número de años} = 20 \text{ años}$$

Por lo tanto, el factor de crecimiento es = 1.15

Luego, teniendo el factor de crecimiento, en el Software Synchro 8.0 se procede ingresar el valor. Para esto, nos ubicamos en la ventana Volume Settings, que contiene el ícono de Growth Factor (Factor de Crecimiento).

En la Figura 36, se presenta la intersección proyectada optimizada, se puede apreciar que aumentó el flujo vehicular de la intersección en 295 vehículos.

**Figura 36**

*Incremento de carril en la avenida Centenario, dirección N-S y S-N. Escenario proyectado a 20 años.*

	EBL	EBT	EBP	WBL	WBT	WBP	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	[Icons]											
Traffic Volume (vph)	2	709	3	30	705	101	0	0	0	76	1	5
Conflicting Peds. (#/hr)	132	—	103	103	—	132	95	—	99	99	—	95
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	—	—	—	0
Peak Hour Factor	0.50	0.92	0.75	0.93	0.92	0.90	0.25	0.50	0.64	0.76	0.25	0.63
Growth Factor	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Heavy Vehicles (%)	8	8	8	4	4	4	5	5	5	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	11	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	5	896	5	42	932	129	0	0	0	115	5	9
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	896	0	0	1103	0	0	0	0	0	129	0

Nota. Datos de Elaboración propia

Los parámetros de la intersección incrementando los carriles. Se aprecia que la relación v/c es 1.47 y la demora total es de 23.7 segundos, se muestran en las figuras 37 y 38.

**Figura 37**

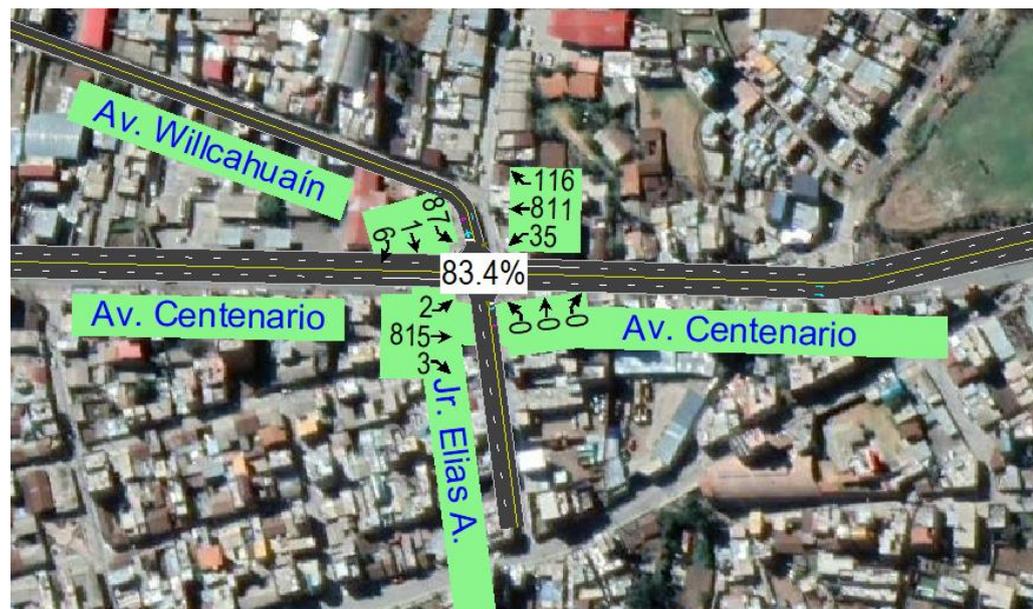
*Nivel de servicio de la intersección. Escenario actual*



Nota. Datos de Elaboración propia

**Figura 38**

*Factor de Utilización (ICU) de la intersección. Escenario proyectado a 20 años*



Nota. Datos de Elaboración propia

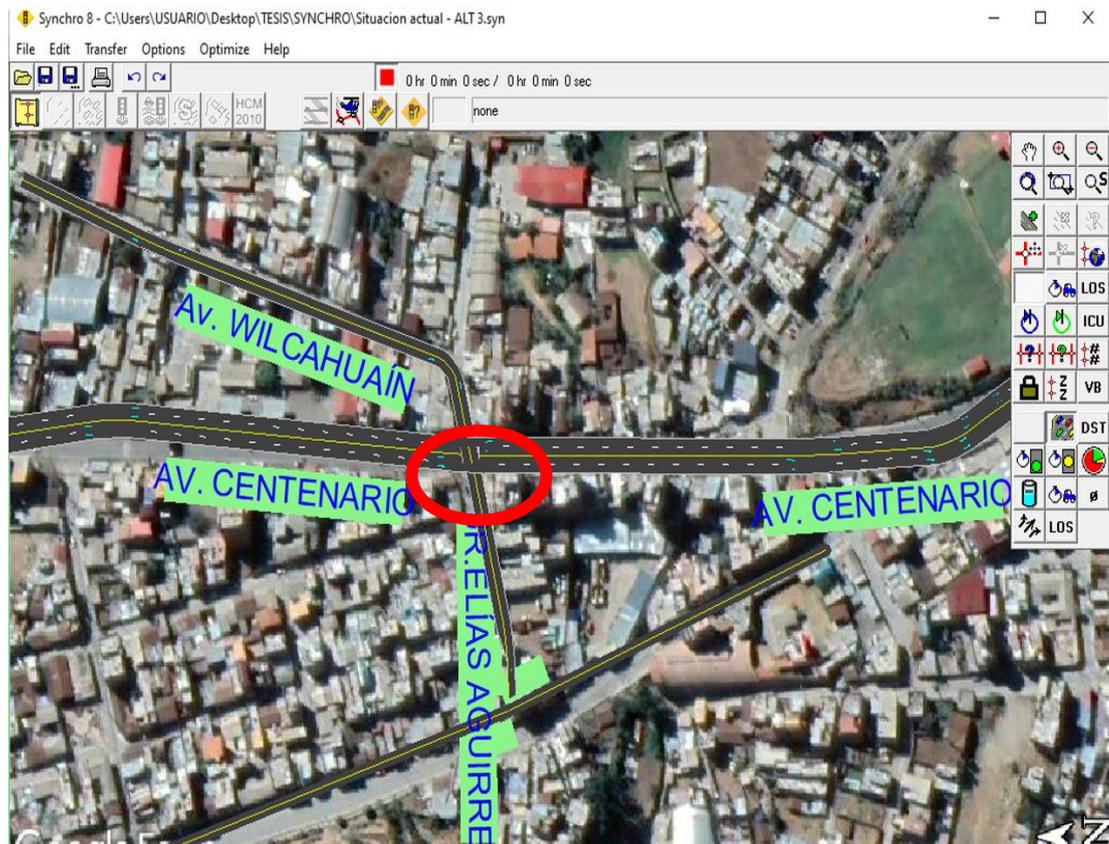
### 6.3 Alternativa N° 03: Paso a desnivel e incremento de carril para los accesos Norte y Sur con el software Synchro 8.0.

#### 6.3.1 Paso a desnivel e incremento de carril para el acceso Norte y Sur

La propuesta es la construcción del paso a desnivel, así como el incremento de carril de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz, en los accesos Sur y Norte, deprimiendo los carriles centrales de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz, para que no converjan el flujo de la vía urbana con el flujo de la vía nacional. Esto permitirá al alto tráfico un flujo libre de vehículos ligeros y pesados hacia la ciudad de Huaraz.

**Figura 39**

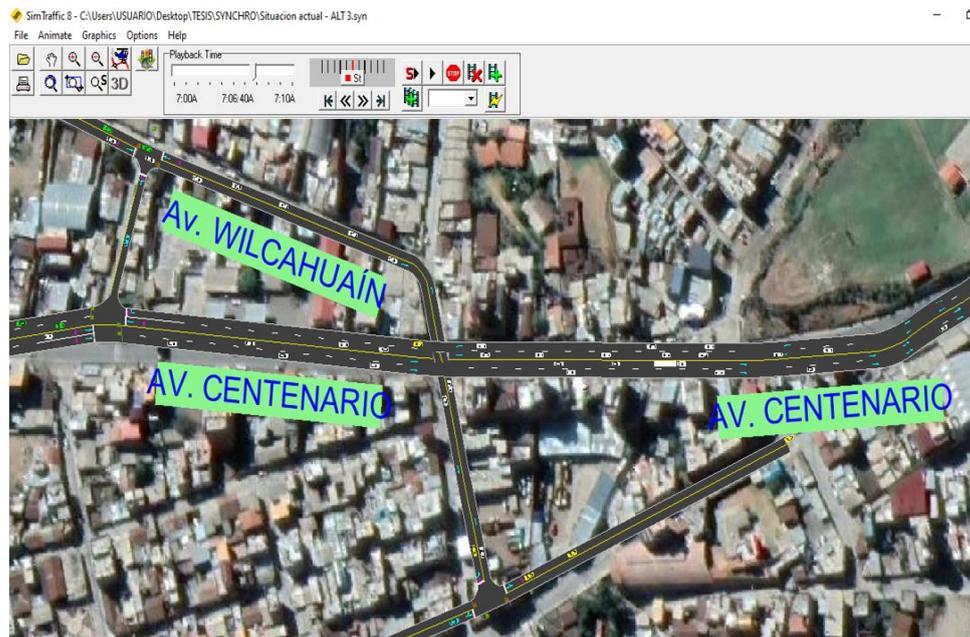
*Incremento de carril y paso a desnivel en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Figura 40**

*Simulación de la intersección paso a desnivel, Escenario Actual*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

Los resultados del Software Synchro V.8 se presentan en la Figura 41. No existe nodos o intersección semaforzada en la propuesta, por lo que no existe grado de saturación y no hay demora.

**Figura 41**

*Resultados del software Synchro V.8.*

LANE SETTINGS	→ EBT	← WBT
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑	↑↑
Traffic Volume (vph)		
Street Name	AV. CEN	
Link Distance (m)	171.7	168.5
Links Speed (km/h)	20	20
Set Arterial Name and Speed	EB	WB
Travel Time (s)	30.9	30.3
Ideal Satd. Flow (vphpl)		
Lane Width (m)		
Grade (%)	10	10
Area Type CBD		
Storage Length (m)		
Storage Lanes (#)		
Right Turn Channelized		
Curb Radius (m)		
Add Lanes (#)		
Lane Utilization Factor		
Right Turn Factor		
Left Turn Factor (prot)		
Saturated Flow Rate (prot)		
Left Turn Factor (perm)		
Right Ped Bike Factor		
Left Ped Factor		
Saturated Flow Rate (perm)		
Right Turn on Red?		
Saturated Flow Rate (RTDR)		

**Bend (220 -226)**

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### ***6.3.2 Paso a desnivel e incremento de carril para los accesos Norte y Sur – Escenario proyectado a 20 años***

Con el paso a desnivel e incrementando los carriles en la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz, para una proyección de 20 años seguirá siendo el nivel de servicio A, debido a que no existe nodos o intersección semaforizada en la propuesta, por lo que no existe grado de saturación y no habrá demora.

## CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las tres propuestas de solución de la intersección del área de estudio está basada en la optimización de fases y ciclos, aumento de carril y pase a desnivel se presentan, analizan e interpretan en este capítulo a partir de los resultados obtenidos.

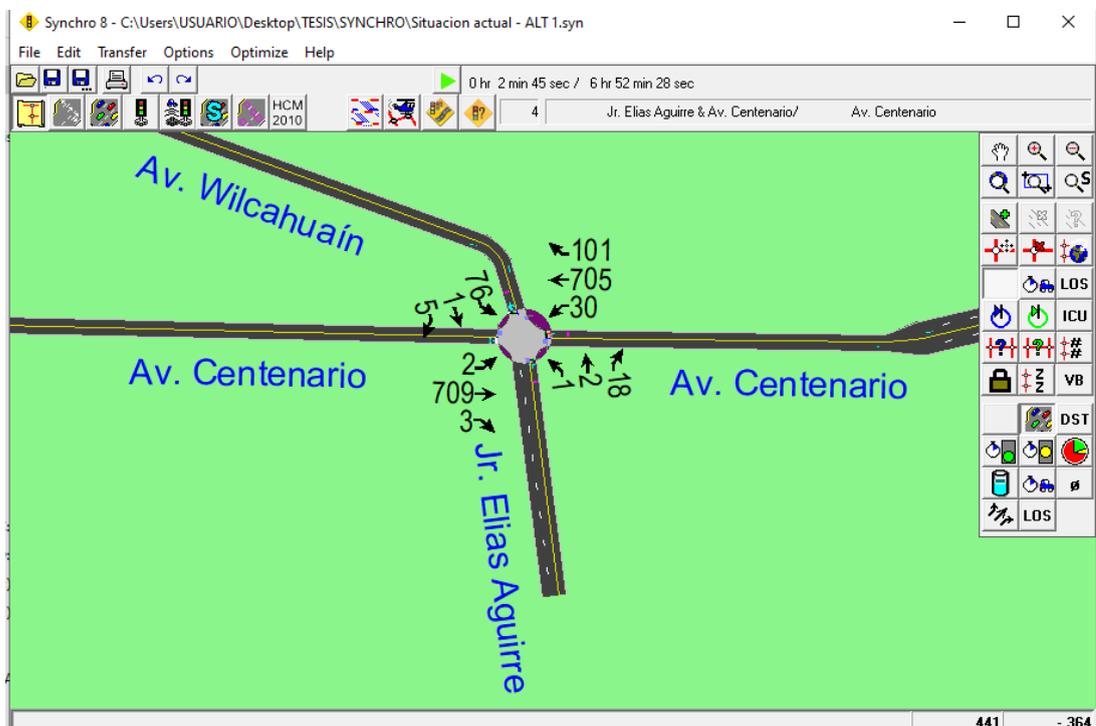
#### 7.1 Situación actual

Fue analizada manualmente la situación actual de la intersección aplicando el método de HCM (2010) y con ayuda del *software* Synchro 8.0. Teniendo en cuenta que ambas metodologías produjeron resultados muy comparables, por lo tanto, el análisis que se realizó es correctamente.

En las figuras 42, 43 y la Tabla 18, se muestra de la situación actual el análisis y el resultado:

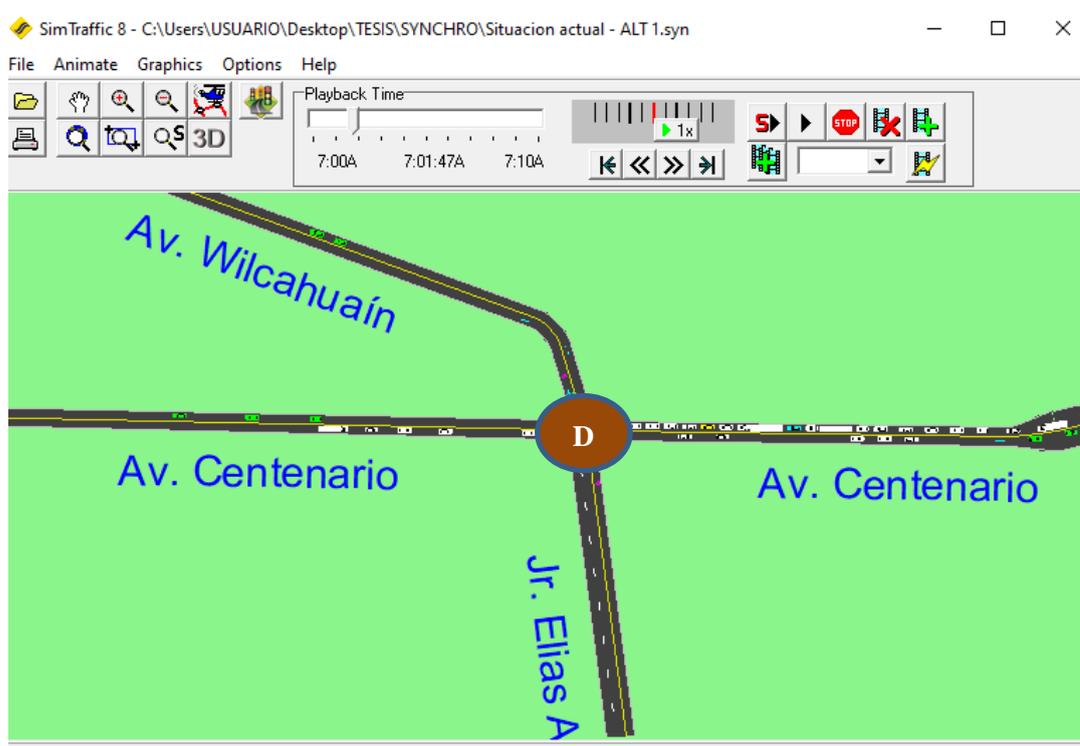
#### Figura 42

*Volumen vehicular total por movimiento*



**Figura 43**

*Nivel de servicio, situación actual*



*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Tabla 18**

*Resultados de la situación actual*

INTERSECCIÓN	Grado de saturación (Max v/c Ratio)	Demora total Intersection Delay (s)	Nivel de servicio LOS	Factor de utilización n ICU
la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz y avenida Wilcahuaín con jirón Elías Aguirre	1.49	46.4	D	94%

*Nota.* Datos de Elaboración propia

## 7.2 Alternativas de solución

En esta parte se analizó a corto plazo y una proyección a 20 años tres posibles alternativas de solución.

### 7.2.1 Alternativa N° 01: Optimización semafórica utilizando el software Synchro 8.0

La alternativa de solución en esta parte se centra en el diseño de las fases del semáforo y la optimización de la longitud de fase con el fin de que sea eficiente la

intersección funcionalmente.

En las tablas 19 y 20, se presenta para la alternativa 1 el resumen de los tiempos de fase optimizada.

**Tabla 19**

*Comparación de parámetros alternativa 1*

Parámetros analizados	Situación Actual	Optimizado	Proyectado 20 años
<b>Vel. de aproximación, V (Km/h)</b>		<b>20.0</b>	
Longitud de ciclo (seg)	90	90	90
Relación volumen capacidad: v/c	1.49	1.14	1.23
Demora en la intersección (seg)	46.4	44.6	86.1
Nivel de servicio (LOS)	D	D	F

*Nota.* Datos de Elaboración propia

**Tabla 20**

*Resumen alternativa 1*

SITUACIÓN	Grado de saturación (Max v/c Ratio)	Demora total Intersection Delay (s)	Nivel de servicio LOS	Factor de utilización ICU
Actual - Optimizado	1.14	44.6	D	99%
Proyectado 20 años	1.23	86.1	F	101%

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### **7.2.2 Alternativa N° 02: Incremento de carril en los accesos Norte y Sur aplicando el software Synchro 8.0**

En esta parte, para mejorar el flujo vehicular la alternativa de solución se enfoca en incrementar carriles en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz en ambos sentidos N-S y S-N.

En la Tabla 21, se presenta el resumen de la alternativa 2, con el incremento de carriles.

**Tabla 21***Resumen Alternativa 2*

SITUACIÓN	Grado de saturación (Max v/c Ratio)	Demora total Intersection Delay (s)	Nivel de servicio LOS	Factor de utilización ICU
Actual – Incremento de carriles	1.29	18.9	B	76%
Proyectado 20 años	1.47	23.7	C	88.3%

*Nota.* Datos de Elaboración propia

### **7.2.3 Alternativa N° 03: Paso a desnivel e incremento de carril en los accesos Norte y Sur aplicando el software Synchro 8.0**

En esta parte la propuesta de solución se basa en la ejecución de paso a desnivel, separando así la vía nacional de la vía urbana, en vista de que ocasionaba el congestionamiento vehicular; así mismo se incrementa carriles en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz, en ambos sentidos: N-S y S-N. En la Tabla 22 se presenta el resumen de la alternativa 3.

**Tabla 22***Resumen Alternativa 3*

SITUACIÓN	Grado de saturación (Max v/c Ratio)	Demora total Intersection Delay (s)	Nivel de servicio LOS	Factor de utilización ICU
Actual – Paso a desnivel	No existe	0	A	0%
Proyectado 20 años	No existe	0	A	0%

*Nota.* Datos de Elaboración propia

Al deprimir la Carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz se anula la intersección, y conforme a lo obtenido de los resultados se genera un flujo libre. De esta manera resulta un nivel de servicio del tipo A.

Los parámetros de la intersección incrementando los carriles. Se aprecia que la relación v/c es 1.47 y que la demora total es de 23.7 segundos, se muestran en la Figura

33.

A continuación, en la Tabla 23 se muestra el resumen de todas las alternativas propuestas.

**Tabla 23**

Resumen de resultados de las alternativas de mejora como alternativas de solución analizadas por el *software* Synchro V.8.

	SITUACIÓN	Grado de saturación (Max v/c Ratio)	Demora total Intersection Delay (s)	Nivel de servicio LOS	Factor de utilización ICU
<b>ALTERNATIVA 1</b>	Actual - Optimizado	1.14	44.6	D	99%
	Proyectado 20 años	1.23	86.1	F	101%
<b>ALTERNATIVA 2</b>	Actual – Incremento de carriles	1.29	18.9	B	76%
	Proyectado 20 años	1.47	23.7	C	88.3%
<b>ALTERNATIVA 3</b>	Actual – Paso a desnivel	No existe	0	A	0%
	Proyectado 20 años	No existe	0	A	0%

*Nota.* Datos de Elaboración Propia

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 Conclusiones

1. La situación actual de la intersección semaforizada de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, con la metodología HCM 2010 y con la ayuda del software Synchro 8.0, se determinó que opera con un nivel de servicio D, lo cual indica que opera aceptablemente en donde empieza a notarse la influencia del congestionamiento donde muchos vehículos se detienen ocasionados por el ciclo largo por el cual hace que sea más deficiente el nivel de servicio.
2. La situación actual en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín, realizando el conteo en tres días típicos de una semana, se obtuvo que el día miércoles tiene el mayor flujo vehicular, con un aforo total de 19502 vehículos; siendo horas punta de dicho día 07:15 – 08:15, 13:15 – 14:15 y 18:30 – 19:30. De 13:15 – 14:15 es la hora punta más crítica, con un flujo de 836 vehículos en el acceso Sur.
3. Se determinó con el método de HCM (2010) y con el *software libre* Synchro 8.0, encontrándose que se opera con nivel de servicio D, lo cual indica que operan desfavorablemente. La relación de v/c es alta y se presenta congestionamiento vehicular.

De la intersección en estudio, la situación actual además se presentan las siguientes deficiencias:

- Las señales horizontales (línea peatonal) se hallan en pésimo estado debido a que no son visibles, causando indecisión en los peatones al instante de pasar la vía.
- El dispositivo de control (semáforo) se encuentra en un estado deficiente

debido a que no funciona correctamente porque parpadean, creando confusión al peatón y al conductor.

4. Las alternativas propuestas, tal como para las propuestas proyectadas para 20 años para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuaín en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, aplicando el software Synchro 8.0, podemos concluir que la alternativa N°3 es la mejor solución, que consiste en el paso a desnivel. En esta propuesta crea un flujo libre en los sentidos S-N y N-S, teniendo en cuenta que el 12% del movimiento total representan los giros a la derecha. Se evaluó deprimir la vía (PE-3N) Huaraz-Caraz con la finalidad de que la vía nacional no converja con la vía urbana, obteniendo una mejoría en los niveles de servicio tipo A, dado que ya no existe ya la intersección analizada.

## 8.2 Recomendaciones

1. Se recomienda en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín para mejorar el flujo vehicular, mediante el paso a desnivel, lo cual permitirá un flujo libre y funcionará mejor a futuro, ya que separará la vía nacional de la vía urbana.  
  
Además, para la evacuación de aguas pluviales se incluirá una alcantarilla con 2 bombas de agua, siendo una de ellas utilizada solo en casos de contingencia.
2. Se recomienda evaluar el cambio de rutas a la Municipalidad de Huaraz, prohibir en zonas de alto volumen vehicular los giros a la izquierda y en U como en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcaguaín debido que presenta un alto flujo vehicular, de modo que no debe ser interrumpido por ninguno de los giros en mención.
3. Recomendar al Departamento de Transporte Público y Tránsito y así también a la Municipalidad provincial de Huaraz, llevar a cabo un mantenimiento de las señalizaciones verticales y horizontales, que se observan desdibujadas o borrosas. Esto podrá mejorar la visibilidad tanto para peatones como para conductores.
4. Impulsar para un mejor flujo vehicular campañas de sensibilización y de educación vial dirigido a los conductores y peatones.
5. Es importante para mejorar la capacidad de utilización de la intersección, la ejecución en el sentido S-N un paso a desnivel. Para tal efecto, se deberá suscribir un convenio multisectorial con las instituciones rectoras Provias Nacional-MTC-GORE y MPH para la ejecución del proyecto.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Baeza, A. y Martínez, E. (2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000: caso cerro del agua/ingeniería* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM. <https://bit.ly/2WSEox5>
- Botero, T. (2008). *Revisión y Re-diseño de la planeación semafórica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio UNAL. <https://bit.ly/2YnbfKS>
- Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones* (8.<sup>a</sup> ed.). Alfaomega.
- Contreras, S. (2014). *Teoría de flujo de tránsito*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- LLANES, J. (2014). *Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM. [http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9862/TESIS\\_Llanes\\_Ayala\\_Jos%c3%a9\\_Mat%c3%adas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9862/TESIS_Llanes_Ayala_Jos%c3%a9_Mat%c3%adas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC. (2013). *Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2013*.
- Núñez, C., y Villanueva, C. (2014). *Solución vial de la avenida Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://bit.ly/3DKQxos>

- Otero, L. (2015). *Alternativa de solución vial a la intersección de las av. Cáceres y av. Ramón Múgica*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional Pirhua. <https://bit.ly/3zHC7TD>
- Paucara, M. (2018). *Evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones de la av. Jorge Basadre Grohmann, utilizando synchro v.8 – Tacna, 2018*. [Tesis de posgrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/881>
- Rondoño, D. (2018). *Análisis vial en las intersecciones de la avenida Luzuriaga y San Martín con la avenida Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Unasam. <https://bit.ly/3yGDIaM>
- Tarquino, F. (2010). *Simulación microscópica de tránsito para coordinación de semáforos en progresión en vías urbanas – Caso avenida Aviación San Borja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <https://bit.ly/3toCDDP>
- TRB, Transportation Research Board. (2010). *HCM 2010 Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board.
- Valencia, V. (2000). *Principios sobre semaforización*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vera, F. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://bit.ly/3jDIgKX>

## ANEXOS



**Anexo A**  
**(Aforo, flujograma, volumen y composición vehicular)**



Anexo A-1: Formato de aforo vehicular

		TESIS:		"ANALISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"																																												
		TESISTA:		DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH																																												
		INTERSECCION		CARRETERA HUARAZ - CARAZ								SENTIDO DEL CONTEO				NORTE - SUR																																
		DIA		UBICACIÓN																																												
HORA	MOTO-TAXI			AUTOMOVIL			CAMIONETAS									MICRO			BUS			CAMION			SEMITRAILER																							
																																																
DIRECCION	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT	GD	DF	GT						



Anexo A-2: Formato de aforo peatonal

 <b>FICHA DE AFORO PEATONAL</b>								
"ANALISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"								
DIA :			DISTRITO:			INDEPENDENCIA		
FECHA:			PROVINCIA:			HUARAZ		
TURNO:			REGIÓN:			ANCASH		
HORA	ACCESO PEATONAL							
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO







Anexo A 5. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido E-O (Día Lunes)

UNASAM		TESIS:		"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"																																																				
TESISTA:		DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH																																																						
INTERSECCIÓN:		AVWILCAHUAÍN Y JRELIAS AGUIRRE CON AVCENTENARIO															SENTIDO DEL CONTROL															NORTE - SUR																								
DÍA:		LUNES 15 DE JULIO DEL 2019															UBICACIÓN															INDEPENDENCIA																								
HORA	MOTO-TAXI			AUTOMOVIL			CAMIONETAS						MICRO			BUS			CAMION						SEMITRAILER						Total x 1/4 hrs	Total Horaria																								
	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI			GD	DF	GI																					
DIRECCION	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	31	32	33	fi	Fi			
07:00 - 07:15										1						1																																							27	27
07:15 - 07:30																																																				34	61			
07:30 - 07:45																																																				30	91			
07:45 - 08:00																																																				40	131			
08:00 - 08:15																																																				41	145			
08:15 - 08:30																																																				30	141			
08:30 - 08:45																																																				18	129			
08:45 - 09:00																																																				25	114			
09:00 - 09:15																																																				14	87			
09:15 - 09:30																																																				14	71			
09:30 - 09:45																																																				11	64			
09:45 - 10:00																																																				16	55			
10:00 - 10:15																																																				18	59			
10:15 - 10:30	1																																																			16	61			
10:30 - 10:45																																																				13	63			
10:45 - 11:00																																																				16	63			
11:00 - 11:15																																																				13	58			
11:15 - 11:30																																																				14	56			
11:30 - 11:45																																																				13	56			
11:45 - 12:00																																																							14	54
12:00 - 12:15																																																							9	50
12:15 - 12:30																																																				13	49			
12:30 - 12:45																																																				16	52			
12:45 - 13:00																																																				18	56			
13:00 - 13:15																																																				13	60			
13:15 - 13:30																																																				17	64			
13:30 - 13:45																																																				16	64			
13:45 - 14:00																																																				19	65			
14:00 - 14:15																																																				29	81			
14:15 - 14:30																																																				14	78			
14:30 - 14:45																																																				15	77			
14:45 - 15:00																																																				14	72			
15:00 - 15:15																																																				17	60			
15:15 - 15:30																																																				13	59			
15:30 - 15:45																																																				14	58			
15:45 - 16:00																																																				11	55			
16:00 - 16:15																																																				10	48			
16:15 - 16:30																																																				16	51			
16:30 - 16:45																																																				9	46			
16:45 - 17:00																																																				13	48			
17:00 - 17:15																																																				8	46			
17:15 - 17:30																																																				10	40			
17:30 - 17:45																																																								

Anexo A 6. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido O-E (Día Lunes)

HORA		MOTO-TAXI		AUTOMOVIL			CAMIONETAS						MICRO			BUS			CAMION						SEMITRAILER			Total x 1/4 hrs	Total Horaria									
		MOTOTAXI		AUTOMOVIL			STATION WAGON		CMTA PICKUP		PANEL		COMBI		MINIVAN		CUSTER	LIGERO 2E		PESADO >>3E	2 EJES		3 EJES		4 EJES		25V252			253	35V352							
		GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF			CI	GD	DF	CI	GD	DF	CI	fi	FI
		41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42	43	41	42			43	41	42	43	41	42	43	fi	FI
07:00 - 07:15																																		1	1			
07:15 - 07:30																																		3	4			
07:30 - 07:45																																		3	7			
07:45 - 08:00																																		1	8			
08:00 - 08:15																																		2	9			
08:15 - 08:30																																		2	8			
08:30 - 08:45																																		1	6			
08:45 - 09:00																																			5			
09:00 - 09:15																																		1	4			
09:15 - 09:30																																		2	4			
09:30 - 09:45																																		1	4			
09:45 - 10:00																																		4	4			
10:00 - 10:15																																		3	3			
10:15 - 10:30																																		2	3			
10:30 - 10:45																																		3	5			
10:45 - 11:00																																		2	7			
11:00 - 11:15																																		1	8			
11:15 - 11:30																																		1	7			
11:30 - 11:45																																		2	6			
11:45 - 12:00																																		2	6			
12:00 - 12:15																																		1	6			
12:15 - 12:30																																		1	6			
12:30 - 12:45																																		2	6			
12:45 - 13:00																																		1	5			
13:00 - 13:15																																		1	5			
13:15 - 13:30																																		3	7			
13:30 - 13:45																																		3	8			
13:45 - 14:00																																		5	12			
14:00 - 14:15																																		7	18			
14:15 - 14:30																																		2	17			
14:30 - 14:45																																		1	15			
14:45 - 15:00																																		1	11			
15:00 - 15:15																																		1	5			
15:15 - 15:30																																		1	4			
15:30 - 15:45																																		2	5			
15:45 - 16:00																																		3	7			
16:00 - 16:15																																		4	10			
16:15 - 16:30																																		2	11			
16:30 - 16:45																																		1	10			
16:45 - 17:00																																		3	10			
17:00 - 17:15																																		5	11			
17:15 - 17:30																																		5	14			
17:30 - 17:45																																		1	14			
17:45 - 18:00																																		4	15			
18:00 - 18:15																																		2	12			
18:15 - 18:30																																		4	11			
18:30 - 18:45																																		4	14			
18:45 - 19:00																																		2	12			
19:00 - 19:15																																		11	21			
19:15 - 19:30																																		2	19			
19:30 - 19:45																																		4	19			
19:45 - 20:00																																		3	20			
20:00 - 20:15																																		4	13			
20:15 - 20:30																																		2	13			
20:30 - 20:45																																		1	10			
20:45 - 21:00																																		3	10			









Anexo A 10. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido O-E (Día Miércoles)

UNASAM		TESIS:		"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"																								TESISTA:								
UNASAM		INTERSECCIÓN		AV WILCAHUAÍN Y JRELIAS AGUIRRE CON AV CENTENARIO												SENTIDO DEL CONTROL						OESTE-ESTE						DEL CASTILLO ESPINOZA GERSON CABETH		UBICACIÓN		INDEPENDENCIA				
UNASAM		DÍA		MIÉRCOLES 17 DE JULIO DEL 2019																																
HORA	MOTO-TAXI			AUTOMOVIL			CAMIONETAS						MICRO			BUS			CAMION						SEMITRAILER			Total x 1/4 hrs	Total Horaria							
	MOTOTAXI			AUTOMOVIL			STATION WAGON		CMTA PICKUP		PANEL		COMBI		MINIVAN		CUSTER	LIGERO 2E		PESADO >>3E			2 EJES		3 EJES		4 EJES			25V252		283	35V352			
	GD	DF	CI	GD	DF	CI	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD	DF	GD			DF	GD	DF	CI	FI	FI	
07:00 - 07:15				1																													1	1		
07:15 - 07:30				1																													1	2		
07:30 - 07:45				2	I																												3	5		
07:45 - 08:00				1		I																											2	7		
08:00 - 08:15				3																													4	10		
08:15 - 08:30																																		9		
08:30 - 08:45																																	1	7		
08:45 - 09:00																																		3	8	
09:00 - 09:15																																		4		
09:15 - 09:30																																		1	5	
09:30 - 09:45																																		4	8	
09:45 - 10:00																																		1	6	
10:00 - 10:15																																		3	9	
10:15 - 10:30																																		1	9	
10:30 - 10:45																																		2	7	
10:45 - 11:00																																		3	9	
11:00 - 11:15																																		1	7	
11:15 - 11:30																																		2	8	
11:30 - 11:45																																		2	8	
11:45 - 12:00																																			5	
12:00 - 12:15																																		2	6	
12:15 - 12:30																																		1	5	
12:30 - 12:45																																		3	6	
12:45 - 13:00																																		2	8	
13:00 - 13:15																																		6	12	
13:15 - 13:30																																		7	18	
13:30 - 13:45																																		3	18	
13:45 - 14:00																																		3	19	
14:00 - 14:15																																		8	21	
14:15 - 14:30																																		5	19	
14:30 - 14:45																																		2	18	
14:45 - 15:00																																		1	16	
15:00 - 15:15																																		1	9	
15:15 - 15:30																																		4		
15:30 - 15:45																																		5	7	
15:45 - 16:00																																		1	7	
16:00 - 16:15																																		9	15	
16:15 - 16:30																																		5	20	
16:30 - 16:45																																		3	18	
16:45 - 17:00																																		2	19	
17:00 - 17:15																																		8	18	
17:15 - 17:30																																		3	16	
17:30 - 17:45																																		2	15	
17:45 - 18:00																																		3	16	
18:00 - 18:15																																		5	13	
18:15 - 18:30																																		3	13	
18:30 - 18:45																																		5	16	
18:45 - 19:00																																		5	18	
19:00 - 19:15																																		7	20	
19:15 - 19:30																																		2	19	
19:30 - 19:45																																		4	18	
19:45 - 20:00																																		4	17	
20:00 - 20:15																																		3	13	
20:15 - 20:30																																		3	14	
20:30 - 20:45																																		1	11	
20:45 - 21:00																																		1	8	







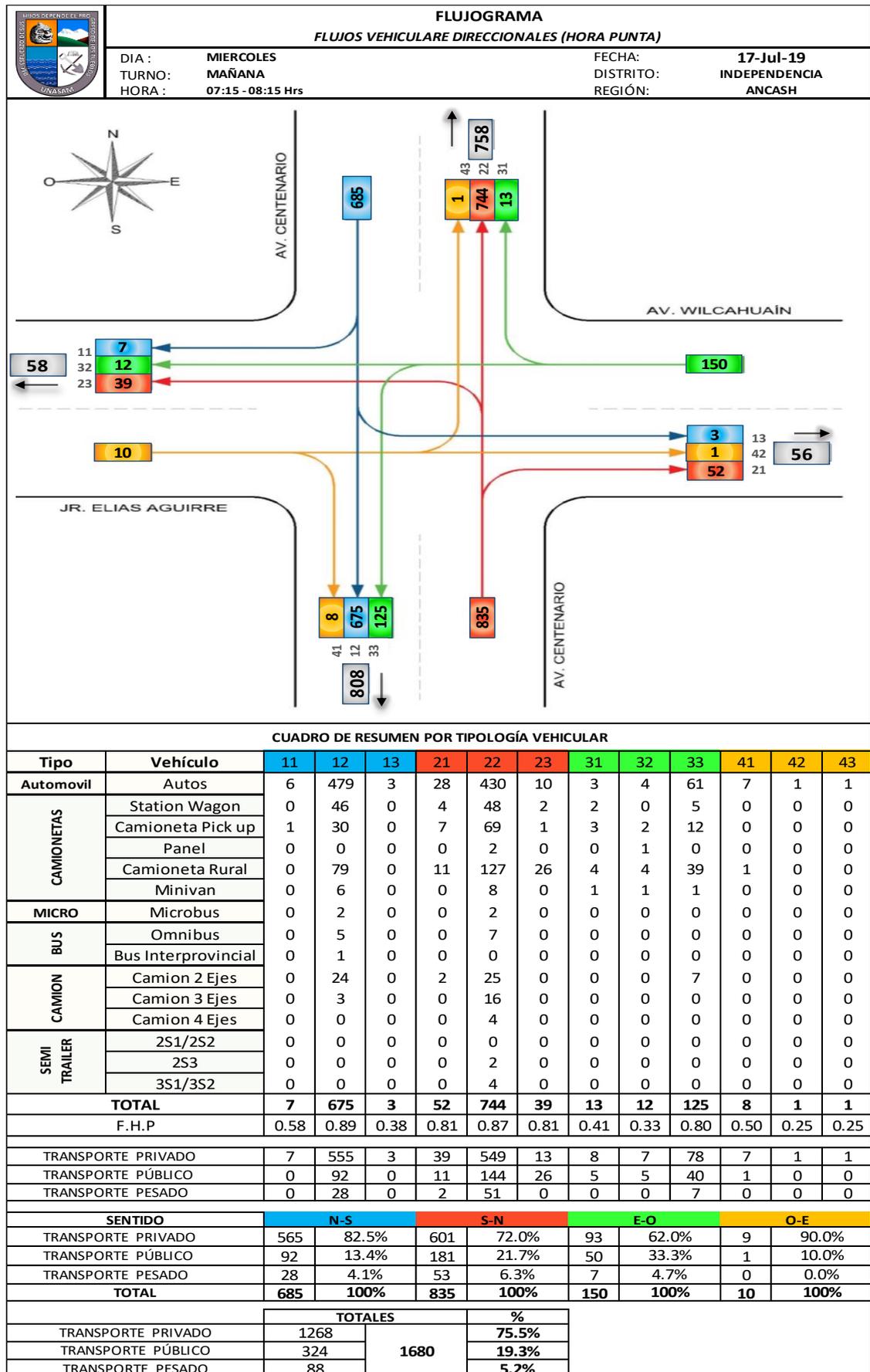




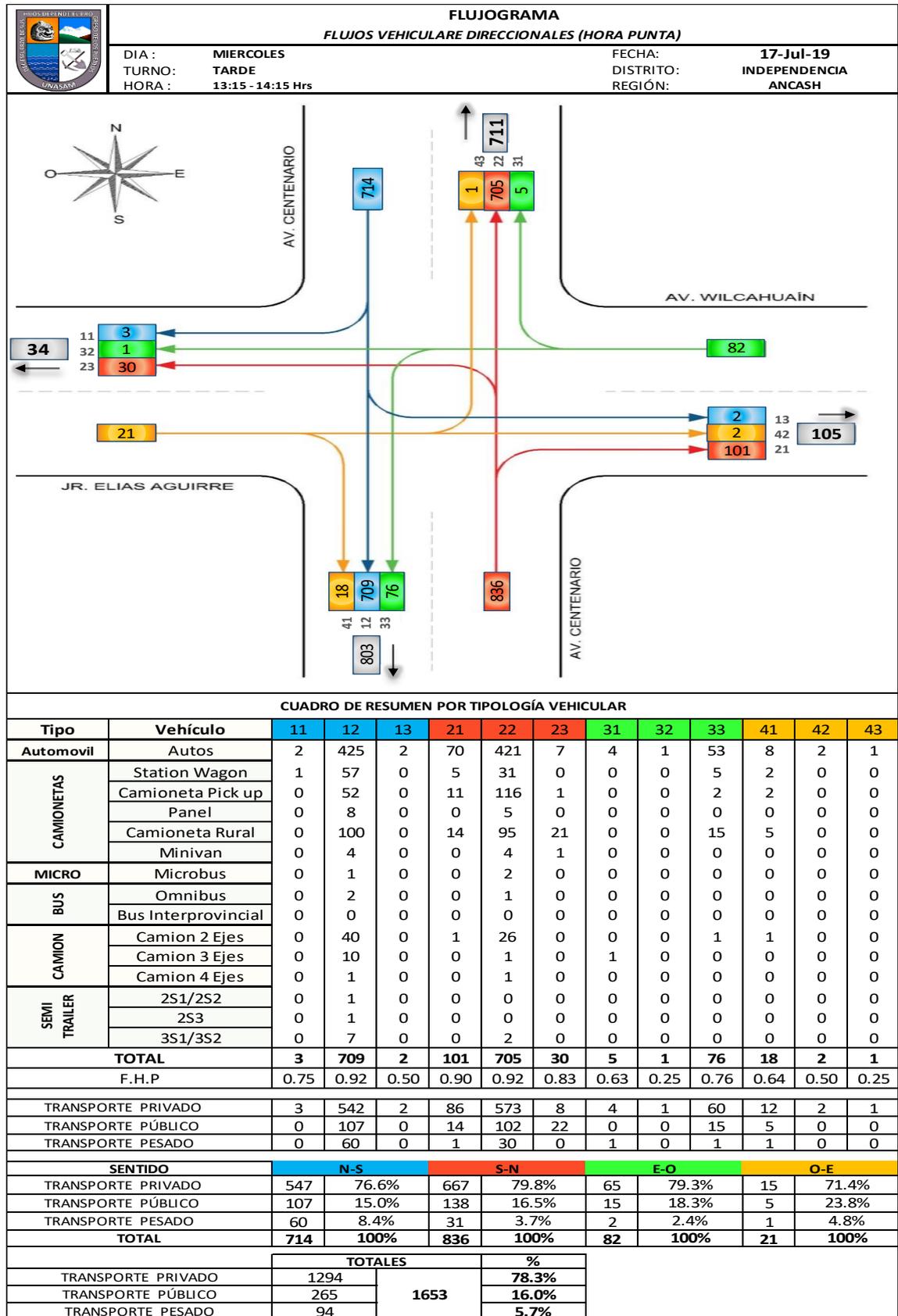
Anexo A 15. Resumen Total de Flujo Vehicular con Horas Pico y Factor De Hora Pico (miércoles)

	TESIS		"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"													
	FECHA		17 JULIO 2019									REGIÓN			ANCASH	
	DIA		MIÉRCOLES									DISTRITO			INDEPENDENCIA	
	ACCESOS	N-S			S-N			E-W			W-E			TOTAL x 1/4Hrs	TOTAL HORARIA	
11		12	13	21	22	23	31	32	33	41	42	43				
07:00 - 07:15	2	151		15	134	10	1	1	25	1			340	340		
07:15 - 07:30	3	170	2	16	210	4	4	9	27	1			446	786		
07:30 - 07:45	3	189		16	215	12	8	2	39	2	1		487	1273		
07:45 - 08:00		161	1	9	159	12	1	1	29	1		1	375	1648		
08:00 - 08:15	1	155		11	160	11			30	4			372	1680		
08:15 - 08:30		163		15	142	9	1	1	21				352	1586		
08:30 - 08:45		152		23	137	8	2	1	17	1			341	1440		
08:45 - 09:00		150		19	152	7			19		1	2	350	1415		
09:00 - 09:15		139		14	155	6			16				330	1373		
09:15 - 09:30		151		17	151	6	2		14	1			342	1363		
09:30 - 09:45		151	1	10	165	8	1		16	2	1	1	356	1378		
09:45 - 10:00	1	154		14	151	8			17	1			346	1374		
10:00 - 10:15		164		14	153	11	1		11	2	1		357	1401		
10:15 - 10:30		145		13	141	10	1	1	9		1		321	1380		
10:30 - 10:45		135		13	144	12			10	2			317	1341		
10:45 - 11:00		127		20	129	9	3	1	10	1	2		302	1297		
11:00 - 11:15		91		15	126	11			15	1			260	1200		
11:15 - 11:30		89		14	128	12			16	2			261	1140		
11:30 - 11:45		113		14	133	10	1	1	8	2			282	1105		
11:45 - 12:00		137	3	10	144	12	2		10				318	1121		
12:00 - 12:15		143		13	129	5		1	13	2			306	1167		
12:15 - 12:30		179		13	139	4	1		21	1			358	1264		
12:30 - 12:45		177		22	131	6	1		18	3			358	1340		
12:45 - 13:00		145		26	140	7	3	1	13	2			337	1359		
13:00 - 13:15		146		20	141	9	2	1	12	5	1		337	1390		
13:15 - 13:30		168		28	149	8	2		14	6	1		376	1408		
13:30 - 13:45	1	175	1	26	172	4	1		25	3			408	1458		
13:45 - 14:00	1	192		22	192	9			21	2		1	440	1561		
14:00 - 14:15	1	174	1	25	192	9	2	1	16	7	1		429	1653		
14:15 - 14:30		145	1	7	164		1		14	4		1	337	1614		
14:30 - 14:45	1	136		13	128	4			14	1		1	298	1504		
14:45 - 15:00		118		19	120	3	1	1	21	1			284	1348		
15:00 - 15:15		124	1	12	144	8	1		21	1			312	1231		
15:15 - 15:30		138		19	142	6	6		15				326	1220		
15:30 - 15:45		116	1	12	151	6			8	5			299	1221		
15:45 - 16:00		101		19	156	6			11	1			294	1231		
16:00 - 16:15	1	102		9	190	4	2		11	9			328	1247		
16:15 - 16:30	3	151		10	172	8	1		11	4		1	361	1282		
16:30 - 16:45		149	2	10	156	6			11	2		1	337	1320		
16:45 - 17:00		145		13	158	6			8	2			332	1358		
17:00 - 17:15		156		7	153	7			7	8	6	2	339	1369		
17:15 - 17:30		174		11	168	5			8	3			369	1377		
17:30 - 17:45	1	182		20	158	13			13	2			389	1429		
17:45 - 18:00	1	188		12	141	6			13	1	1	1	364	1461		
18:00 - 18:15		194	1	11	153	6		1	12	4		1	383	1505		
18:15 - 18:30		182		25	157	9	1	1	19	1	1	1	397	1533		
18:30 - 18:45		187		31	164	13	1	2	17	5			420	1564		
18:45 - 19:00		193		24	162	6	2		15	3		2	407	1607		
19:00 - 19:15	1	197	1	28	154	8			14	4	1	2	410	1634		
19:15 - 19:30	1	178		20	130	7			14	1		1	352	1589		
19:30 - 19:45		168		21	137	7	3		10	4			350	1519		
19:45 - 20:00		166		20	145	11			15	3	1		361	1473		
20:00 - 20:15	1	163		34	144	7	1		18	3			371	1434		
20:15 - 20:30	1	136		22	144	8			17	3			331	1413		
20:30 - 20:45	2	108		25	139	6	1		15		1		297	1360		
20:45 - 21:00		103		29	98	6	2		11	1			250	1249		
HP - Mañana	7	675	3	52	744	39	13	12	125	8	1	1				
MAX*4	12	756	8	64	860	48	32	36	156	16	4	4				
F.H.P	0.58	0.89	0.38	0.81	0.87	0.81	0.41	0.33	0.80	0.50	0.25	0.25				
HP - Tarde	3	709	2	101	705	30	5	1	76	18	2	1				
MAX*4	4	768	4	112	768	36	8	4	100	28	4	4				
F.H.P	0.75	0.92	0.50	0.90	0.92	0.83	0.63	0.25	0.76	0.64	0.50	0.25				
HP - Noche	1	759	1	108	637	36	4	3	65	13	2	5				
MAX*4	4	776	4	124	656	52	8	8	76	20	4	8				
F.H.P	0.25	0.98	0.25	0.87	0.97	0.69	0.50	0.38	0.86	0.65	0.50	0.63				

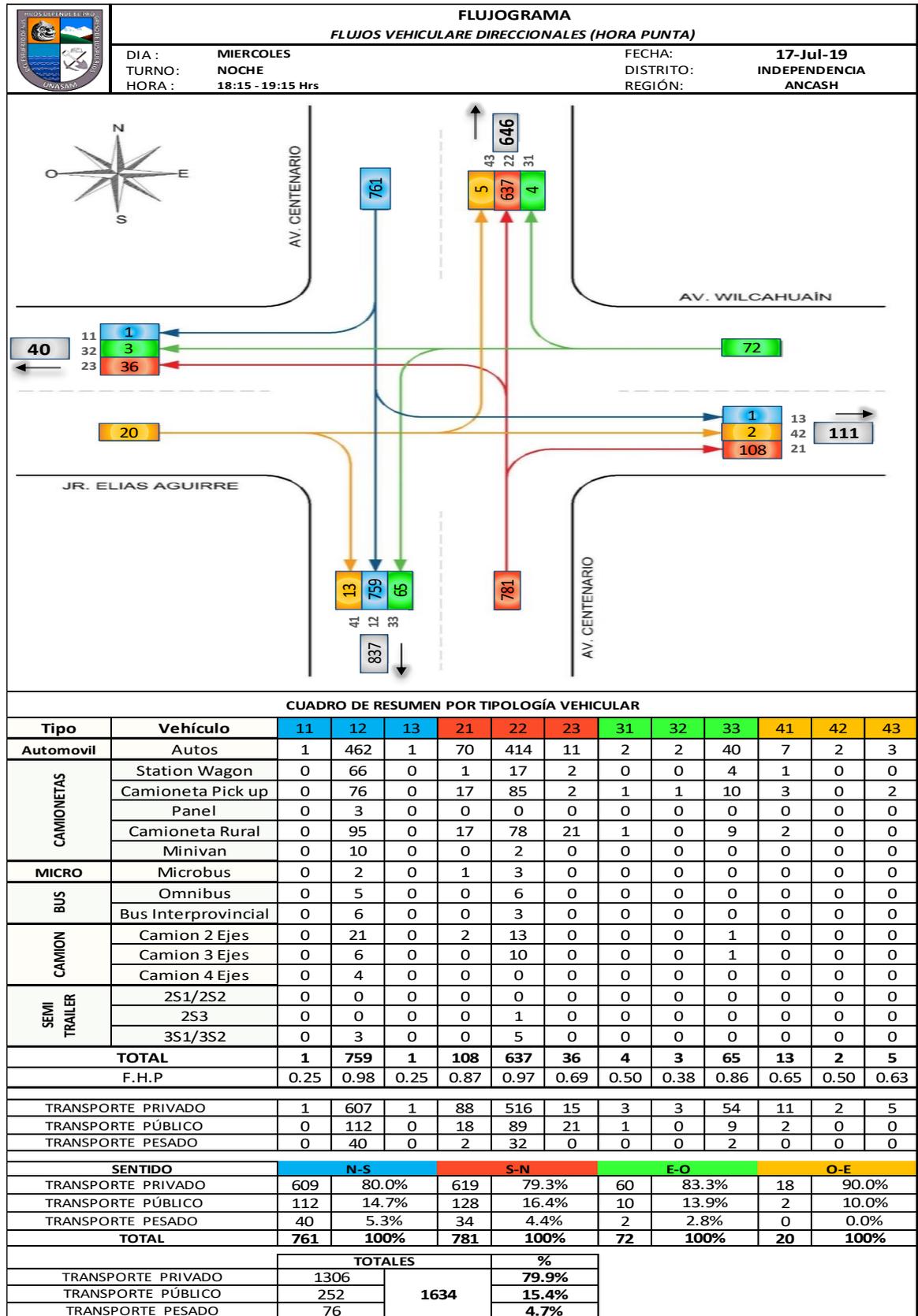
Anexo A 16. Flujograma Hora Pico Mañana



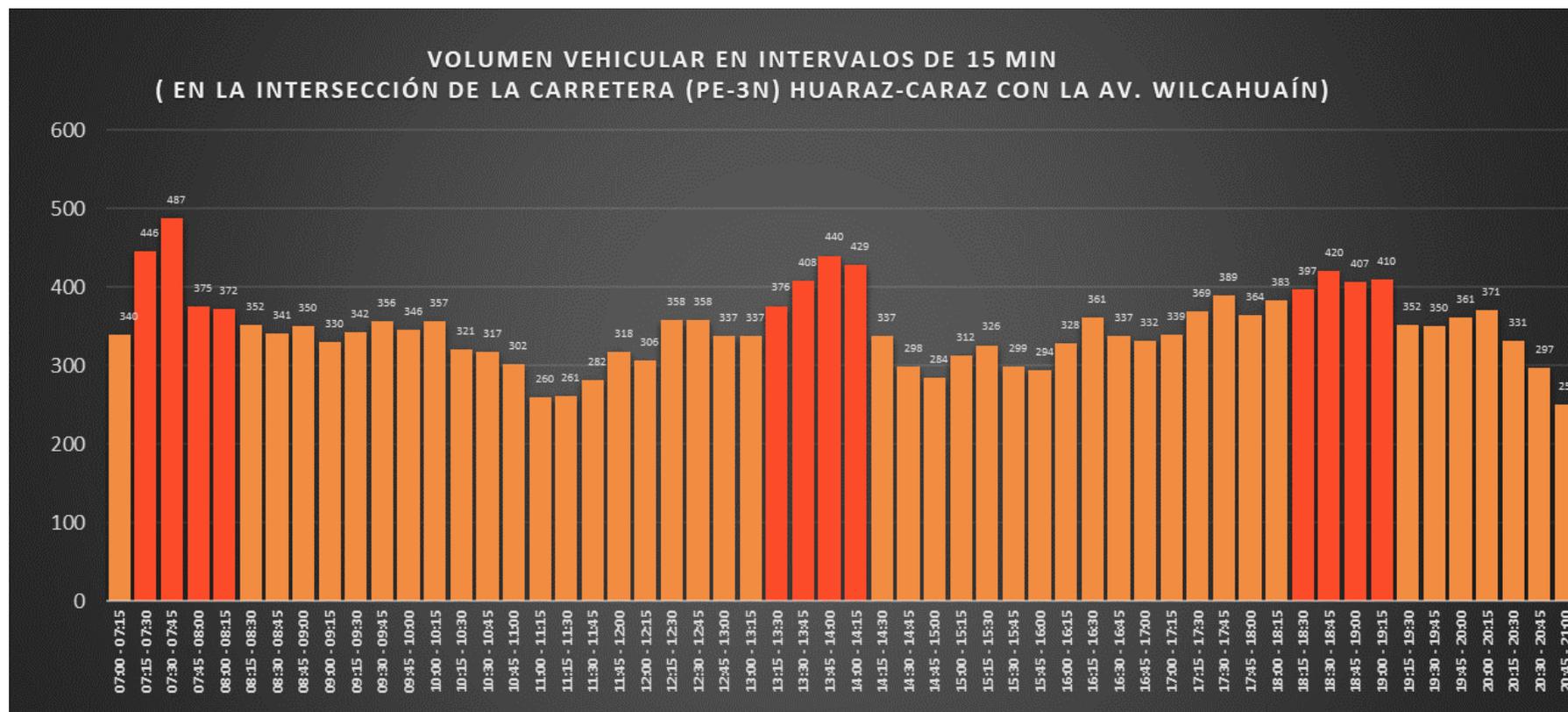
Anexo A 17. Flujograma Hora Pico Tarde



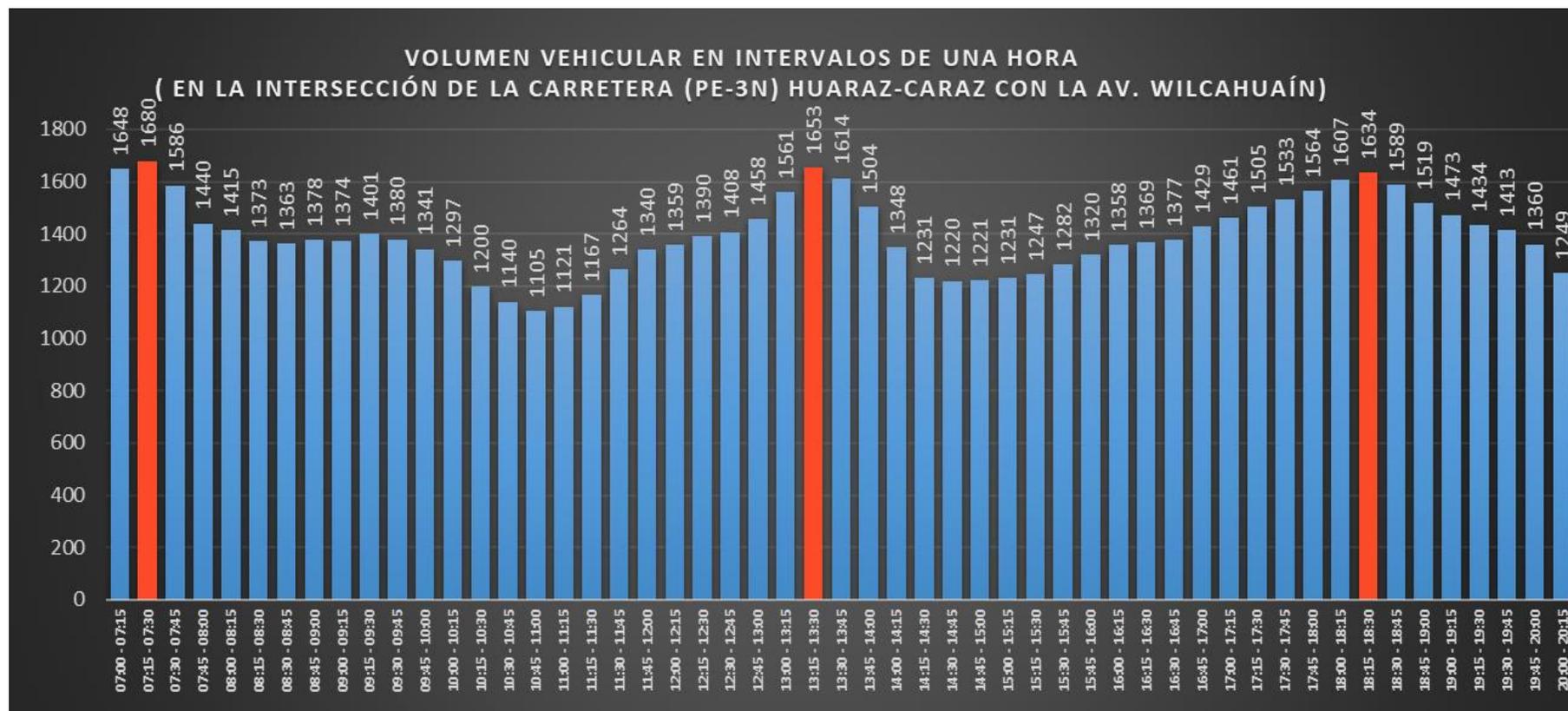
Anexo A 18. Flujograma Hora Pico Noche



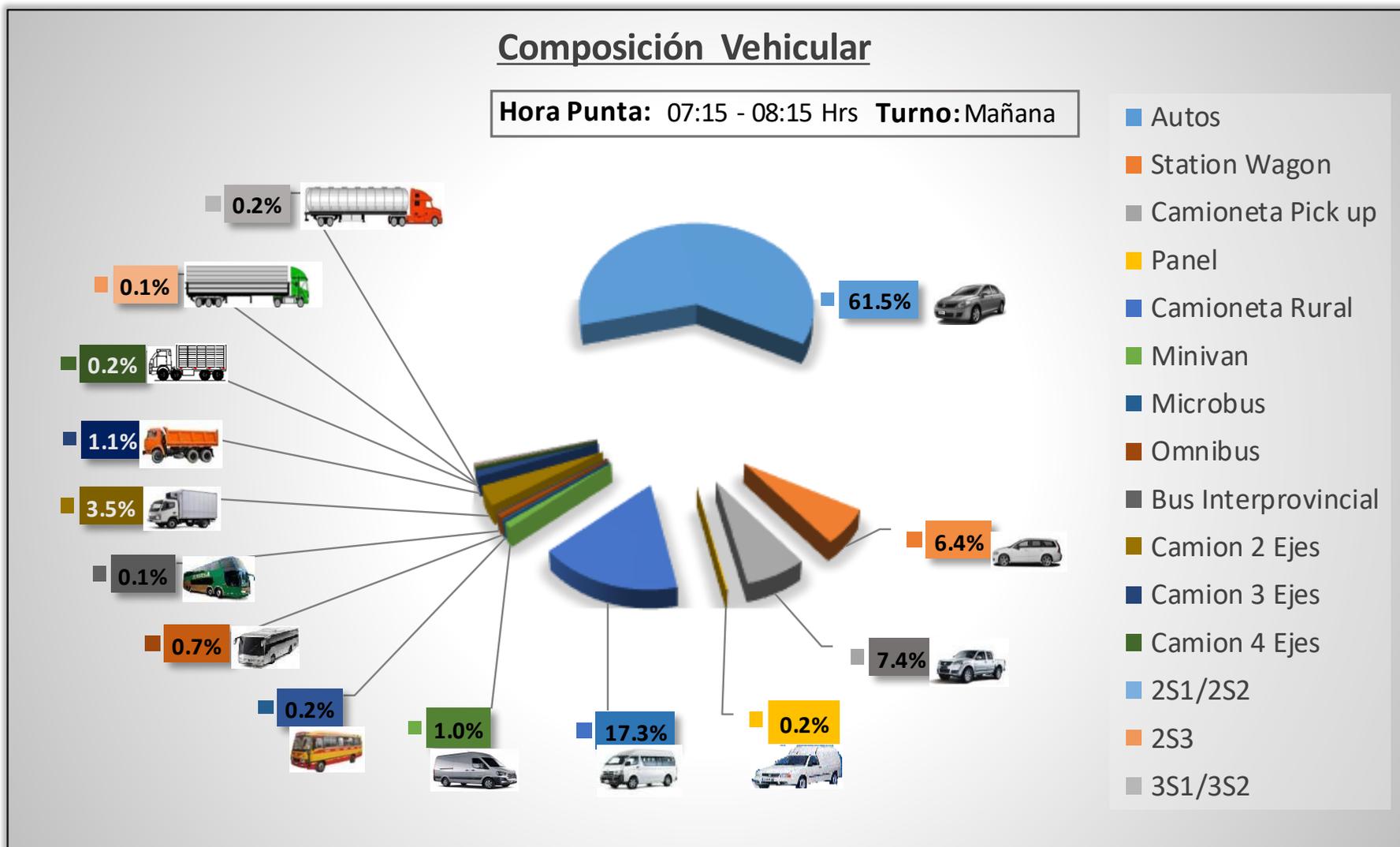
Anexo A 19. Volumen Vehicular en Intervalos de 15min (Día Miércoles)



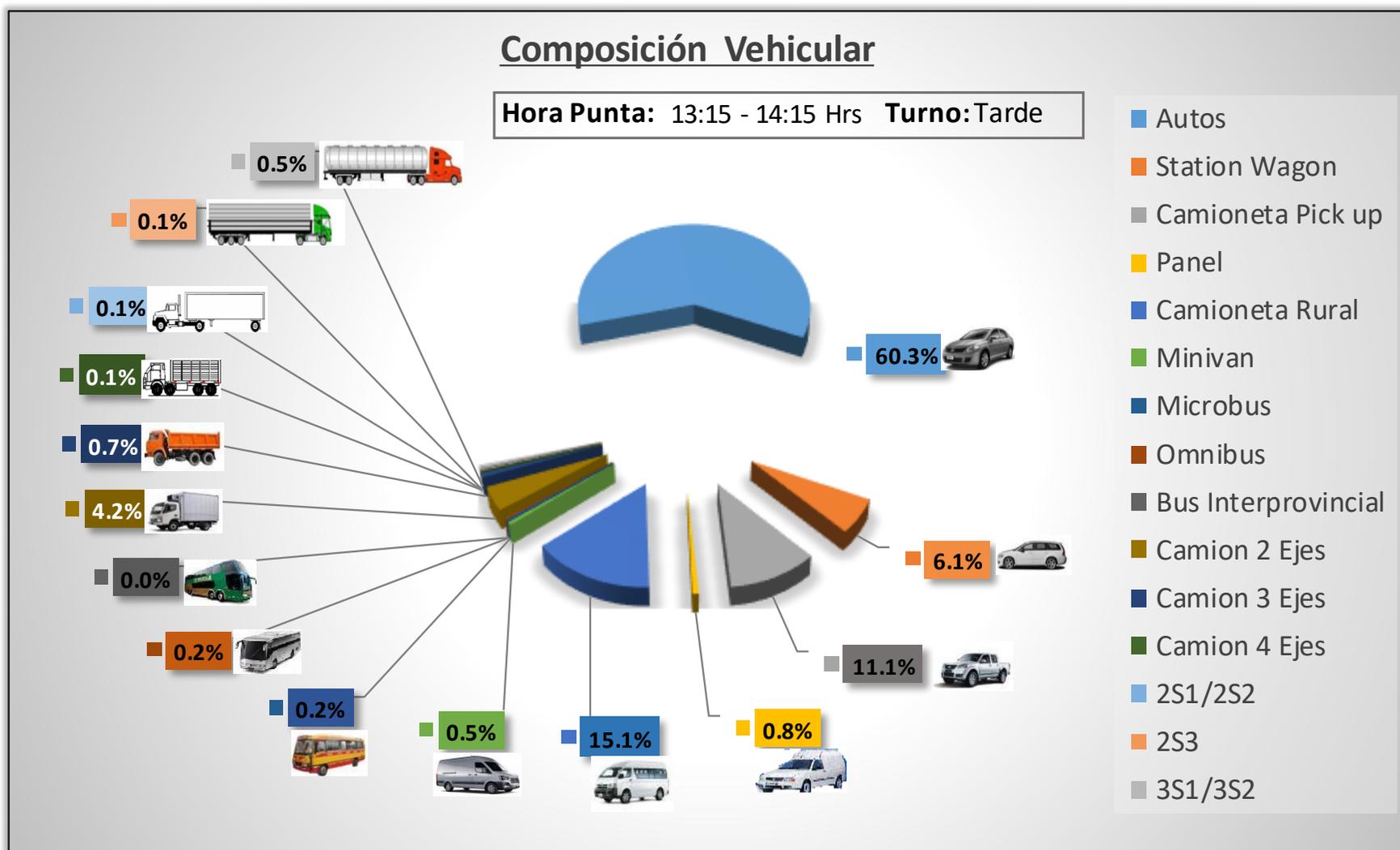
Anexo A 20. Volumen Vehicular en Intervalos de una hora (Día Lunes)



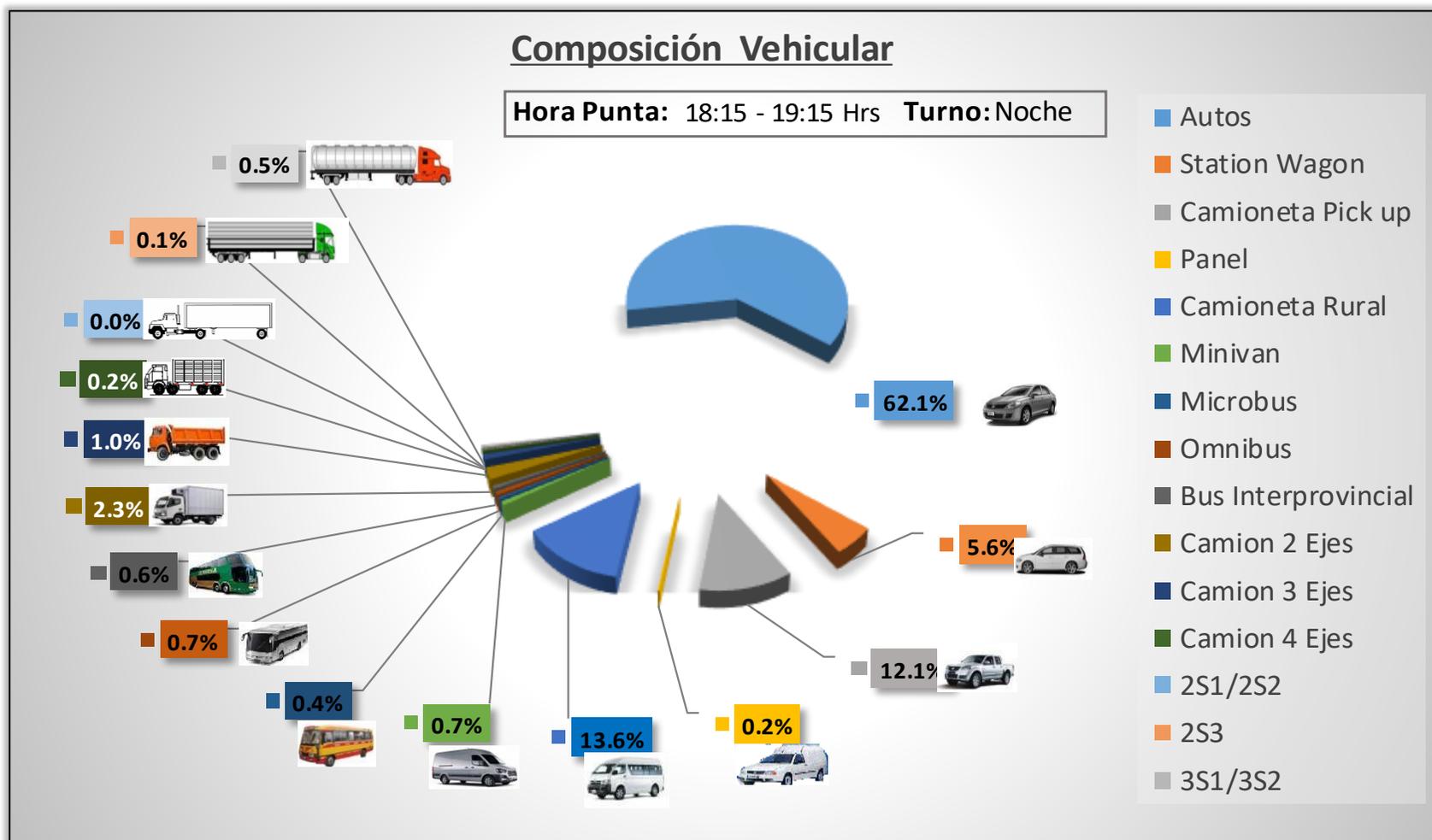
Anexo A 21. Composición Vehicular en Hora Punta Mañana (Día miércoles)



Anexo A 22. Composición Vehicular en Hora Punta Tarde (Día miércoles)



Anexo A 22. Composición Vehicular en Hora Punta Noche (Día miércoles)



## **Anexo B**

(Aforo Peatonal)



Anexo B 1. Aforo Peatonal (Día Lunes)

	TESIS		"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"						
	FECHA		15 JULIO 2019				REGIÓN		
	DIA		LUNES				Ancash		
ACCESOS							DISTRITO		
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO	TOTAL HORARIO
07:00 - 07:15	23		31		25		35		
07:15 - 07:30	26		22		21		29		
07:30 - 07:45	17		24		26		35		
07:45 - 08:00	16	82	21	98	20	92	38	137	409
08:00 - 08:15	20	79	19	86	18	85	35	137	387
08:15 - 08:30	15	68	17	81	17	81	29	137	367
08:30 - 08:45	11	62	15	72	16	71	28	130	335
08:45 - 09:00	12	58	18	69	13	64	26	118	309
09:00 - 09:15	15	53	19	69	15	61	25	108	291
09:15 - 09:30	17	55	20	72	21	65	19	98	290
09:30 - 09:45	16	60	11	68	19	68	23	93	289
09:45 - 10:00	11	59	15	65	23	78	18	85	287
10:00 - 10:15	13	57	14	60	24	87	22	82	286
10:15 - 10:30	12	52	18	58	22	88	21	84	282
10:30 - 10:45	10	46	14	61	21	90	23	84	281
10:45 - 11:00	15	50	15	61	18	85	20	86	282
11:00 - 11:15	18	55	15	62	17	78	19	83	278
11:15 - 11:30	21	64	13	57	16	72	15	77	270
11:30 - 11:45	11	65	18	61	14	65	18	72	263
11:45 - 12:00	14	64	17	63	18	65	17	69	261
12:00 - 12:15	13	59	22	70	21	69	23	73	271
12:15 - 12:30	16	54	19	76	17	70	19	77	277
12:30 - 12:45	18	61	18	76	20	76	20	79	292
12:45 - 13:00	17	64	22	81	20	78	24	86	309
13:00 - 13:15	19	70	18	77	23	80	28	91	318
13:15 - 13:30	23	77	26	84	26	89	34	106	356
13:30 - 13:45	19	78	21	87	23	92	29	115	372
13:45 - 14:00	18	79	19	84	27	99	36	127	389
14:00 - 14:15	24	84	25	91	25	101	27	126	402
14:15 - 14:30	18	79	23	88	17	92	25	117	376
14:30 - 14:45	14	74	17	84	15	84	28	116	358
14:45 - 15:00	13	69	20	85	19	76	26	106	336
15:00 - 15:15	12	57	14	74	23	74	28	107	312
15:15 - 15:30	18	57	16	67	21	78	31	113	315
15:30 - 15:45	16	59	15	65	23	86	25	110	320
15:45 - 16:00	17	63	18	63	24	91	24	108	325
16:00 - 16:15	21	72	22	71	26	94	19	99	336
16:15 - 16:30	22	76	18	73	21	94	23	91	334
16:30 - 16:45	15	75	19	77	19	90	17	83	325
16:45 - 17:00	16	74	17	76	17	83	14	73	306
17:00 - 17:15	14	67	15	69	16	73	29	83	292
17:15 - 17:30	13	58	16	67	17	69	18	78	272
17:30 - 17:45	17	60	21	69	19	69	17	78	276
17:45 - 18:00	16	60	19	71	21	73	23	87	291
18:00 - 18:15	15	61	16	72	22	79	27	85	297
18:15 - 18:30	16	64	17	73	24	86	23	90	313
18:30 - 18:45	14	61	17	69	26	93	28	101	324
18:45 - 19:00	19	64	20	70	29	101	31	109	344
19:00 - 19:15	25	74	19	73	25	104	29	111	362
19:15 - 19:30	28	86	21	77	21	101	34	122	386
19:30 - 19:45	19	91	24	84	19	94	28	122	391
19:45 - 20:00	14	86	18	82	21	86	27	118	372
20:00 - 20:15	15	76	20	83	23	84	26	115	358
20:15 - 20:30	16	64	19	81	19	82	24	105	332
20:30 - 20:45	18	63	14	71	24	87	21	98	319
20:45 - 21:00	14	63	15	68	21	87	19	90	308

## Anexo B 2. Aforo Peatonal (Día Miércoles)

	TESIS		"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"							
	FECHA		17 JULIO 2019				REGIÓN			Ancash
	DÍA		MIÉRCOLES				DISTRITO			Independencia
ACCESOS	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO	TOTAL HORARIO	
07:00 - 07:15	32		27		29		40			
07:15 - 07:30	24		24		24		36			
07:30 - 07:45	19		25		22		33			
07:45 - 08:00	17	92	29	105	21	96	32	141	434	
08:00 - 08:15	14	74	24	102	19	86	31	132	394	
08:15 - 08:30	12	62	23	101	19	81	34	130	374	
08:30 - 08:45	14	57	21	97	25	84	33	130	368	
08:45 - 09:00	13	53	18	86	20	83	29	127	349	
09:00 - 09:15	15	54	17	79	21	85	31	127	345	
09:15 - 09:30	16	58	17	73	19	85	28	121	337	
09:30 - 09:45	14	58	19	71	20	80	29	117	326	
09:45 - 10:00	14	59	19	72	23	83	27	115	329	
10:00 - 10:15	18	62	20	75	22	84	25	109	330	
10:15 - 10:30	14	60	22	80	24	89	22	103	332	
10:30 - 10:45	16	62	18	79	22	91	33	107	339	
10:45 - 11:00	15	63	22	82	20	88	26	106	339	
11:00 - 11:15	17	62	23	85	22	88	25	106	341	
11:15 - 11:30	18	66	20	83	19	83	29	113	345	
11:30 - 11:45	20	70	19	84	21	82	28	108	344	
11:45 - 12:00	14	69	23	85	20	82	28	110	346	
12:00 - 12:15	13	65	21	83	22	82	31	116	346	
12:15 - 12:30	12	59	19	82	23	86	25	112	339	
12:30 - 12:45	21	60	18	81	20	85	33	117	343	
12:45 - 13:00	18	64	20	78	21	86	27	116	344	
13:00 - 13:15	21	72	18	75	19	83	33	118	348	
13:15 - 13:30	25	85	28	84	29	89	31	124	382	
13:30 - 13:45	22	86	26	92	25	94	30	121	393	
13:45 - 14:00	24	92	22	94	22	95	34	128	409	
14:00 - 14:15	28	99	24	100	27	103	37	132	434	
14:15 - 14:30	21	95	20	92	20	94	25	126	407	
14:30 - 14:45	15	88	18	84	19	88	30	126	386	
14:45 - 15:00	23	87	21	83	20	86	28	120	376	
15:00 - 15:15	14	73	20	79	24	83	26	109	344	
15:15 - 15:30	17	69	20	79	26	89	29	113	350	
15:30 - 15:45	14	68	21	82	21	91	28	111	352	
15:45 - 16:00	15	60	22	83	20	91	30	113	347	
16:00 - 16:15	19	65	21	84	23	90	26	113	352	
16:15 - 16:30	22	70	21	85	24	88	26	110	353	
16:30 - 16:45	19	75	23	87	20	87	28	110	359	
16:45 - 17:00	20	80	22	87	19	86	25	105	358	
17:00 - 17:15	30	91	20	86	20	83	24	103	363	
17:15 - 17:30	26	95	18	83	21	80	21	98	356	
17:30 - 17:45	19	95	19	79	24	84	22	92	350	
17:45 - 18:00	17	92	20	77	23	88	29	96	353	
18:00 - 18:15	18	80	21	78	22	90	23	95	343	
18:15 - 18:30	18	72	23	83	23	92	22	96	343	
18:30 - 18:45	21	74	22	86	21	89	29	103	352	
18:45 - 19:00	27	84	24	90	25	91	34	108	373	
19:00 - 19:15	25	91	20	89	27	96	28	113	389	
19:15 - 19:30	19	92	22	88	26	99	31	122	401	
19:30 - 19:45	23	94	26	92	21	99	29	122	407	
19:45 - 20:00	18	85	17	85	20	94	23	111	375	
20:00 - 20:15	19	79	22	87	18	85	19	102	353	
20:15 - 20:30	21	81	20	85	22	81	20	91	338	
20:30 - 20:45	19	77	19	78	15	75	24	86	316	
20:45 - 21:00	17	76	18	79	19	74	21	84	313	

### Anexo B 3. Aforo Peatonal (Día Viernes)

	TESIS	"ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"									
	FECHA	19 JULIO 2019						REGIÓN			Ancash
	DÍA	VIERNES						DISTRITO			Independencia
ACCESOS	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO	TOTAL HORARIO		
07:00 - 07:15	22		28		19		32				
07:15 - 07:30	25		30		26		28				
07:30 - 07:45	23		26		25		34				
07:45 - 08:00	18	88	19	103	20	90	28	122	403		
08:00 - 08:15	17	83	26	101	18	89	30	120	393		
08:15 - 08:30	11	69	22	93	17	80	28	120	362		
08:30 - 08:45	13	59	20	87	28	83	21	107	336		
08:45 - 09:00	16	57	17	85	18	81	29	108	331		
09:00 - 09:15	14	54	21	80	23	86	28	106	326		
09:15 - 09:30	19	62	20	78	25	94	21	99	333		
09:30 - 09:45	15	64	18	76	19	85	23	101	326		
09:45 - 10:00	20	68	23	82	21	88	18	90	328		
10:00 - 10:15	16	70	21	82	11	76	19	81	309		
10:15 - 10:30	19	70	25	87	15	66	24	84	307		
10:30 - 10:45	20	75	18	87	25	72	19	80	314		
10:45 - 11:00	21	76	26	90	18	69	26	88	323		
11:00 - 11:15	14	74	22	91	23	81	28	97	343		
11:15 - 11:30	13	68	18	84	22	88	21	94	334		
11:30 - 11:45	15	63	15	81	18	81	26	101	326		
11:45 - 12:00	14	56	20	75	23	86	27	102	319		
12:00 - 12:15	16	58	16	69	24	87	29	103	317		
12:15 - 12:30	18	63	17	68	19	84	31	113	328		
12:30 - 12:45	20	68	18	71	21	87	28	115	341		
12:45 - 13:00	16	70	17	68	23	87	25	113	338		
13:00 - 13:15	14	68	21	73	24	87	22	106	334		
13:15 - 13:30	18	68	23	79	21	89	28	103	339		
13:30 - 13:45	23	71	24	85	28	96	30	105	357		
13:45 - 14:00	25	80	25	93	22	95	31	111	379		
14:00 - 14:15	26	92	22	94	20	91	34	123	400		
14:15 - 14:30	22	96	20	91	18	88	26	121	396		
14:30 - 14:45	13	86	7	74	23	83	18	109	352		
14:45 - 15:00	17	78	11	60	25	86	25	103	327		
15:00 - 15:15	16	68	28	66	24	90	23	92	316		
15:15 - 15:30	18	64	25	71	19	91	20	86	312		
15:30 - 15:45	11	62	14	78	16	84	27	95	319		
15:45 - 16:00	19	64	18	85	17	76	31	101	326		
16:00 - 16:15	26	74	20	77	23	75	28	106	332		
16:15 - 16:30	15	71	16	68	24	80	33	119	338		
16:30 - 16:45	18	78	15	69	11	75	25	117	339		
16:45 - 17:00	14	73	18	69	16	74	28	114	330		
17:00 - 17:15	14	61	19	68	15	66	26	112	307		
17:15 - 17:30	20	66	26	78	18	60	25	104	308		
17:30 - 17:45	18	66	22	85	23	72	24	103	326		
17:45 - 18:00	20	72	19	86	26	82	29	104	344		
18:00 - 18:15	21	79	18	85	28	95	23	101	360		
18:15 - 18:30	18	77	15	74	19	96	24	100	347		
18:30 - 18:45	23	82	16	68	23	96	26	102	348		
18:45 - 19:00	25	87	23	72	25	95	34	107	361		
19:00 - 19:15	28	94	19	73	23	90	30	114	371		
19:15 - 19:30	20	96	14	72	21	92	28	118	378		
19:30 - 19:45	17	90	19	75	19	88	26	118	371		
19:45 - 20:00	16	81	16	68	18	81	21	105	335		
20:00 - 20:15	14	67	14	63	14	72	26	101	303		
20:15 - 20:30	11	58	18	67	19	70	19	92	287		
20:30 - 20:45	27	68	16	64	21	72	25	91	295		
20:45 - 21:00	25	77	14	62	18	72	23	93	304		

## **Anexo C**

(Aforo Peatonal)



## Anexo C 1. Estudio de Velocidad de Aproximación

Registro de vehículos	Acceso Norte y Sur	Distancia	Velocidad	Acceso Oeste	Distancia	Velocidad
1	2.22	11.80	5.32	3.31	19.60	5.92
2	2.58	11.80	4.57	3.12	19.60	6.28
3	2.87	11.80	4.11	3.59	19.60	5.46
4	2.83	11.80	4.17	3.72	19.60	5.27
5	3.21	11.80	3.68	3.16	19.60	6.20
6	2.95	11.80	4.00	3.48	19.60	5.63
7	2.51	11.80	4.70	3.55	19.60	5.52
8	3.94	11.80	2.99	3.79	19.60	5.17
9	3.35	11.80	3.52	3.45	19.60	5.68
10	2.86	11.80	4.13	3.21	19.60	6.11
11	3.10	11.80	3.81	3.50	19.60	5.60
12	1.83	11.80	6.45	3.12	19.60	6.28
13	1.95	11.80	6.05	3.42	19.60	5.73
14	2.26	11.80	5.22	3.82	19.60	5.13
15	3.18	11.80	3.71	3.26	19.60	6.01
16	3.32	11.80	3.55	3.48	19.60	5.63
17	4.86	11.80	2.43	3.55	19.60	5.52
18	3.76	11.80	3.14	3.72	19.60	5.27
19	3.21	11.80	3.68	3.65	19.60	5.37
20	2.54	11.80	4.65	3.33	19.60	5.89
Velocidad Media Temporal (Km/h)			15.1			20.5
<b>Velocidad Media Espacial (Km/h)</b>			<b>14.3</b>			<b>20.4</b>

## Anexo C 2. Resumen de Estudio de Velocidad de Aproximación

Fase N°	Nombre de la Vía	Acceso	Vel. Aproximación (Km/h)
1	Av. Centenario	Norte(N)	14.3
		Sur(S)	
2	Jr. Elías Aguirre	Oeste (O)	20.4

**Anexo D**  
**(Análisis de la Situación actual para la Hora Pico Tarde)**



## Anexo D 1. Análisis de la situación actual.

	FLUJOGRAMA		
	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN		
DÍA :	MIERCOLES	FECHA:	17-Jul-19
TURNO:	TARDE	DISTRITO:	INDEPENDENCIA
HORA :	13:15 - 14:15 Hrs	REGIÓN:	ANCASH

### DATOS

ACCESO	NORTE	SUR	ESTE	
% de camiones en la corriente vehicular $P_T$	8.4	3.7	2.4	*Del flujograma de hora pic
% de veh. Recreativos en la corriente vehicular $P_R$	0	0	0	*Del flujograma de hora pic
Factor de automoviles equival. a un camión $E_T$	2.5	2.5	2.5	*Ver cuadro N°1
Factor de automoviles equival. a un veh. Recreativo $E_R$	2	2	2	*Ver cuadro N°1

### DEMANDA

#### 1.- Ajuste de la demanda

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Volumen por mov. VHMD(veh/h)	3	709	2	101	705	30	5	1	76
Volumen por carril VHMD(veh/h)	714			836			82		
Volumen por acceso VHMD(veh/h)	714			836			82		
FHP por movimiento	0.75	0.92	0.50	0.90	0.92	0.83	0.63	0.25	0.76
Factor de ajuste x veh. Pesado (fHV)	0.888			0.947			0.965		
Tasa de flujos ajustado $V_p$ veh/h/mov	5	868	5	119	809	39	9	5	104
Tasa de flujos ajustado $V_p$ veh/h/carril	878			967			118		
Tasa de flujos ajustado $V_p$ veh/h/acceso	878			967			118		
Proporciones de giros a la izquierda PLT	0.01			0.04			0.88		
Proporciones de giros a la derecha PRT	0.01			0.12			0.08		

#### 2.- Ajuste de la oferta(Determinación de la tasa de flujo de Saturación)

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Fases	I						II		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Agrupación de carriles	Grupo			Grupo			Grupo		
Flujo de saturación ideal $S_o$ (veh/h/carril)	1750			1750			1750		
Número de Carriles N	1			1			1		
Ancho de Carril W	3.3			3.3			3.9		
Factor de ajuste por ancho de carril $F_w$	1.00			1.00			1.00		
Factor de ajuste x veh. Pesado ( $f_{HV}$ )	0.888			0.947			0.965		
Pendiente en el grupo de carriles G%	-1			1			-5.5		
Factor de ajuste por pendiente FG	1.01			1.00			1.03		
Número de maniobras de estacionamiento Nm	Sin parqueo			Sin parqueo			Sin parqueo		
Factor de ajuste por estacionamiento $F_p$	1.00			1.00			1.00		
Número de buses que se detienen Nb	11			31			0		
Factor de ajuste por bloqueo de buses $F_{bb}$	0.96			0.88			1.00		
Tipo de área	Otras zonas			Otras zonas			Otras zonas		
Factor de ajuste por tipo de área $F_a$	1			1			1		
Flujo no ajustado para el grupo de carriles $V_g$	714			836			82		
Flujo no ajustado para el carril con mayor volumen del grupo de c	714			836			82		
Factor de ajuste por utilización de carril FLU	1			1			1		
Factor de ajuste por giro a la izquierda FLT	1.00			1.00			0.96		
Factor de ajuste por giro a la derecha FRT	0.85			0.85			0.85		
Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para giros a la izquierda FLpb	1.00			1.00			0.60		
Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para giros a la derecha FRpb	1.00			0.99			0.97		
Tasa de flujo de saturación ajustado x grupo de carriles S (veh/h)	1268			1214			823		
Tasa de saturación ajustado del acceso S (veh/h)	1268			1214			823		

## 2.1.- Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para los giros a la izquierda

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Fases	I						II		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Vol. De peatones en la zona de conflicto Vped/h	132			103			99		
Vol. de ciclistas en la zona de conflicto Vbic/h	0			0			0		
Longitud de ciclo C (seg)	91			91			91		
Tiempo verde efectivo g(seg)	71			71			10		
Tiempo verde efectivo para peatones g ped(seg)	71			71			10		
Vol. De peat. en el tiempo verde para peatones Vpedg=Vped(C/gp)	169			132			901		
Vol. De ciclistas en el tiempo verde para peatones y ciclistas Vbicg	0			0			0		
Ocupación de peatones en la zona de conflicto OCCpedg	0.085			0.066			0.450		
Ocupación de ciclistas en la zona de conflicto OCCbicg	0			0			0		
Ocupación de la zona de conflicto en el tiempo verde para peatones y ciclistas OCCr	0.085			0.066			0.450		
Número de carriles de recepción Nrec	1			2			1		
Número de carriles de giro Nturn	1			1			1		
Factor de ajuste de la ocupación en la fase permitida para giros a la izquierda ApbT	0.92			0.96			0.55		
Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para giros a la izquierda FLpb	1.00			1.00			0.60		

## 2.2.- Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para los giros a la derecha

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Fases	I						II		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Vol. De peatones en la zona de conflicto Vped/h	132			103			99		
Vol. de ciclistas en la zona de conflicto Vbic/h	0			0			0		
Longitud de ciclo C (seg)	91			91			91		
Tiempo verde efectivo g(seg)	71			71			10		
Tiempo verde efectivo para peatones g ped(seg)	71			71			10		
Vol. De peat. en el tiempo verde para peatones Vpedg=Vped(C/gp)	169			132			901		
Vol. De ciclistas en el tiempo verde para peatones y ciclistas Vbicg	0			0			0		
Ocupación de peatones en la zona de conflicto OCCpedg	0.085			0.066			0.450		
Ocupación de ciclistas en la zona de conflicto OCCbicg	0			0			0		
Ocupación de la zona de conflicto en el tiempo verde para peatones y ciclistas OCCr	0.085			0.066			0.450		
Número de carriles de recepción Nrec	2			1			1		
Número de carriles de giro Nturn	1			1			1		
Factor de ajuste de la ocupación en la fase permitida para giros a la derecha ApbT	0.95			0.93			0.55		
Factor de ajuste por bloqueo de peatones/ciclistas para giros a la derecha FRpb	1.00			0.99			0.97		

### 3.- Determinación de la capacidad y relación v/c

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Fases	I						II		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Agrupación de carriles	Grupo			Grupo			Grupo		
Tasa de flujo ajustado: vi	878			967			118		
Flujo de saturación ajustado: s	1268			1214			823		
Longitud de ciclo C(seg)	91			91			91		
Tiempo verde efectivo gi(seg)	71			71			10		
Tiempo perdido(entreverde) tL=A+TR(seg)	5			5			5		
Proporción de verde u=g/C	0.78			0.78			0.11		
Capacidad del grupo de carriles: ci=u*s(veh/h)	989			947			90		
Relación volumencapacidad Xi=vi/ci	0.89			1.02			1.30		
Grado de saturación por grupo de carriles: Y=vi/s	0.692			0.797			0.143		
Grupo de carriles críticos por fase				x			x		
Suma de grado de saturación críticas por fase: Yc				0.940					
Tiempo total perdido por ciclo L=∑(Ai+Tri)(seg)				10					
Grado de saturación crítica de la intersección Xc=(C/C-L)*Yc				1.0560					

### 4.- Determinación del nivel de servicio(NDS)

ACCESO	NORTE			SUR			ESTE		
Sentido de flujo	N - S			S - N			E - O		
Fases	I						II		
Movimientos	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Dirección	GD	DF	GI	GD	DF	GI	GD	DF	GI
Agrupación de carriles	Grupo			Grupo			Grupo		
Periodo de análisis T(hrs)	0.25			0.25			0.25		
Tasa de flujo ajustado: vi	878			967			118		
Proporción de verde u=g/C	0.78			0.78			0.11		
Capacidad del grupo de carriles: ci=u*s(veh/h)	989			947			90		
Relación volumen capacidad Xi=vi/ci	0.89			1.02			1.30		
Demora uniforme d1 (seg/veh)	7.1			10.0			40.5		
Demora incremental d2 (seg/veh)	11.7			34.6			196.6		
Demora por cola inicial d3 (seg/veh)	0			0			0		
Factor de ajuste por coordinación: PF	1			1			1		
Demora media por control de grupo dT (seg/veh)	18.81			44.63			237.08		
Nivel de servicio por grupo de carriles (NDS)	B			D			F		
Demora por acceso dA=∑(d*v)/S(v) (seg/veh)				44.6					
Nivel de servicio por acceso (NDS)				D					

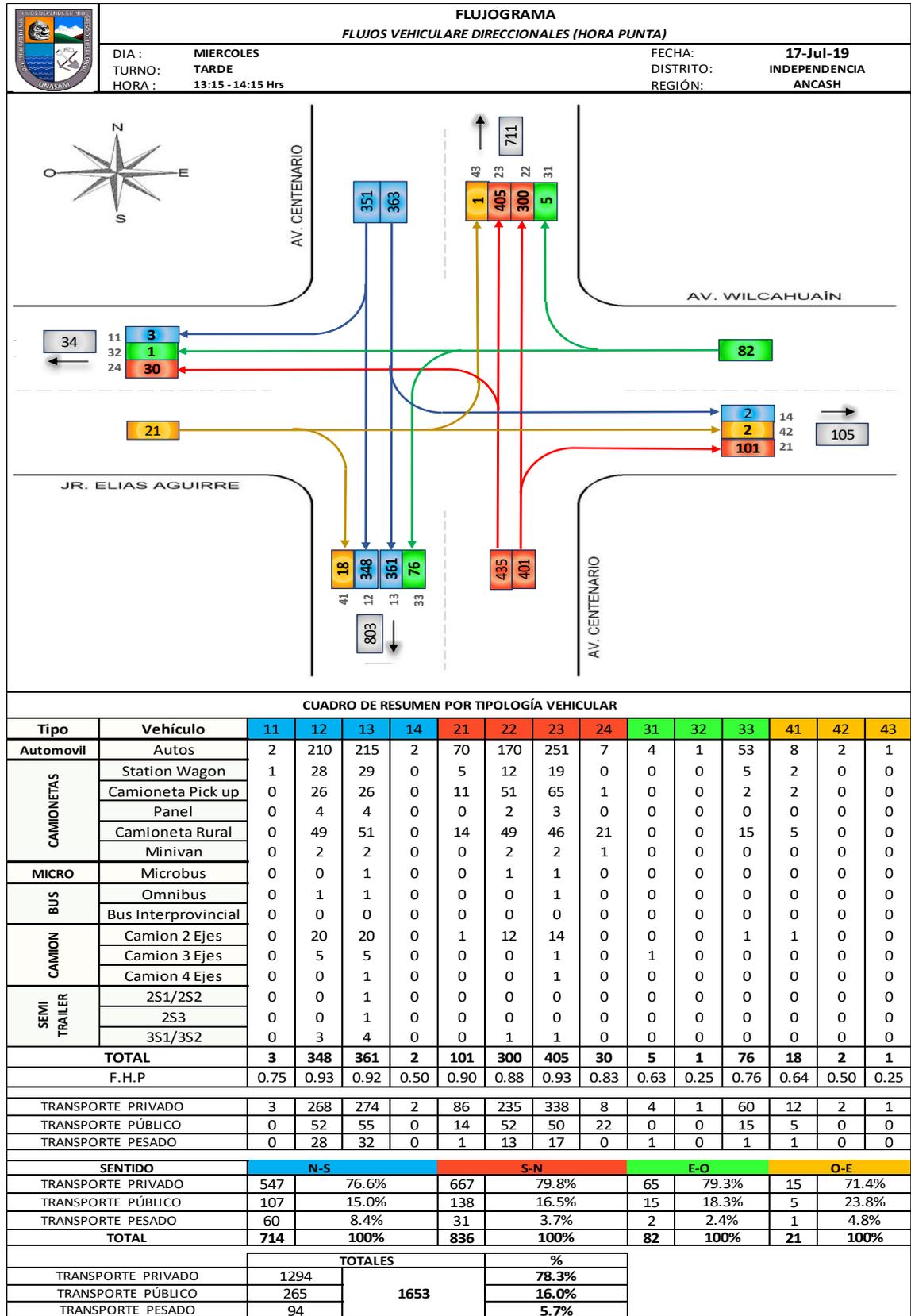
**Anexo E**  
**(Alternativas de Solución Planteadas)**



Anexo E 1. Alternativa N° 1 simulada en SimTraffic Animation (2D).



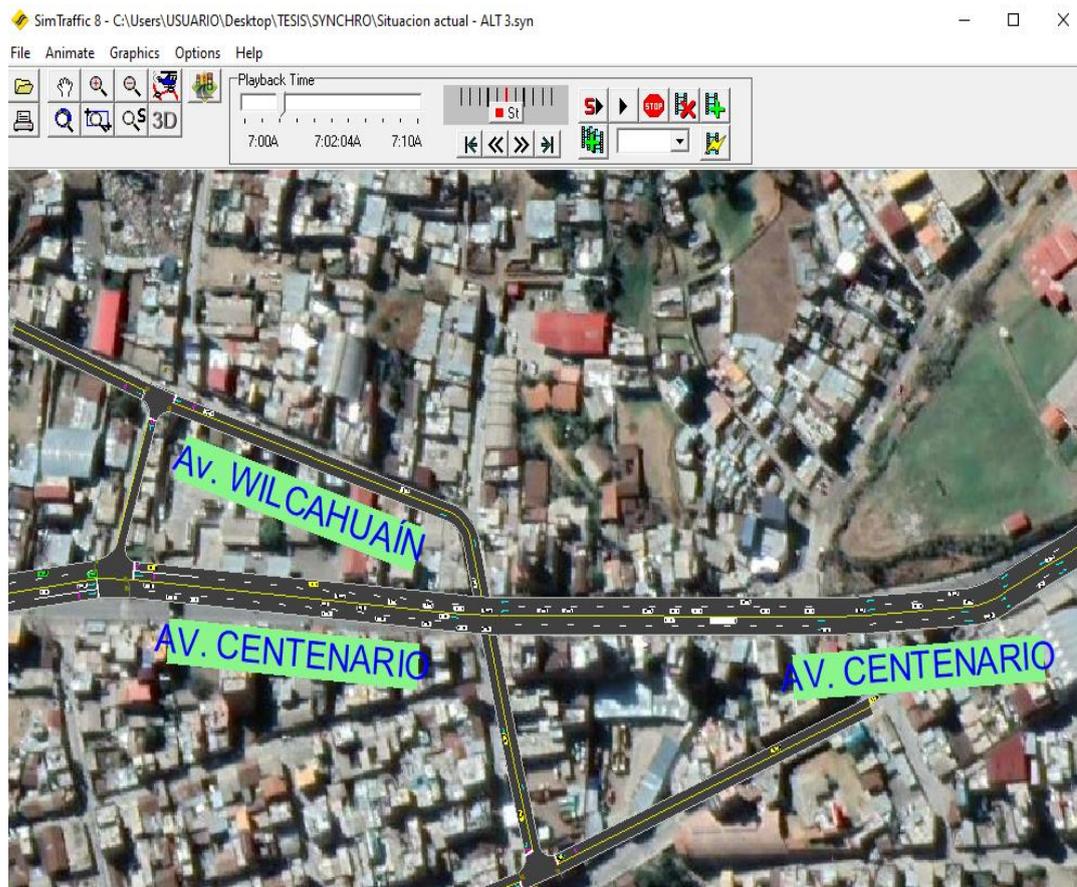
Anexo E 2. Alternativa N° 2 Flujograma de Alternativa 02 (Ampliación de Carriles)



### Anexo E 3. Alternativa N° 2 simulada en SimTraffic Animation (2D).



## Anexo E 4. Alternativa N° 3 simulada en SimTraffic Animation (2D).



Anexo E 5. Alternativa N° 3 vista 3D del paso a desnivel.



Anexo E 6. Alternativa N° 3 vista 3D ingreso Sur del paso a desnivel.



Anexo E 7. Alternativa N° 3 vista 3D parte superior del paso a desnivel.



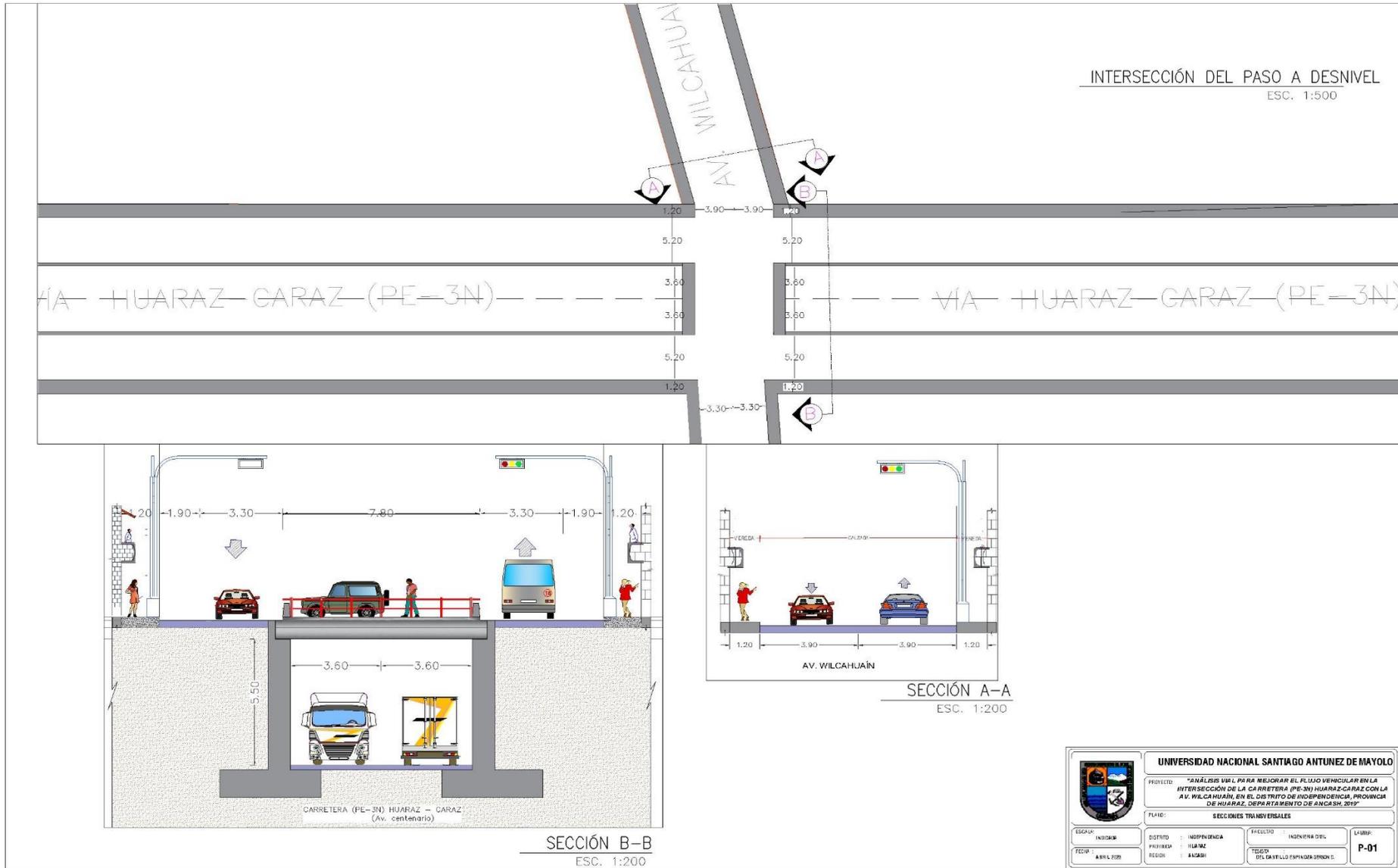
Anexo E 8. Alternativa N° 3 vista 3D parte salida Norte del paso a desnivel.



**Anexo F**  
**(Planos de la Alternativa N° 3)**



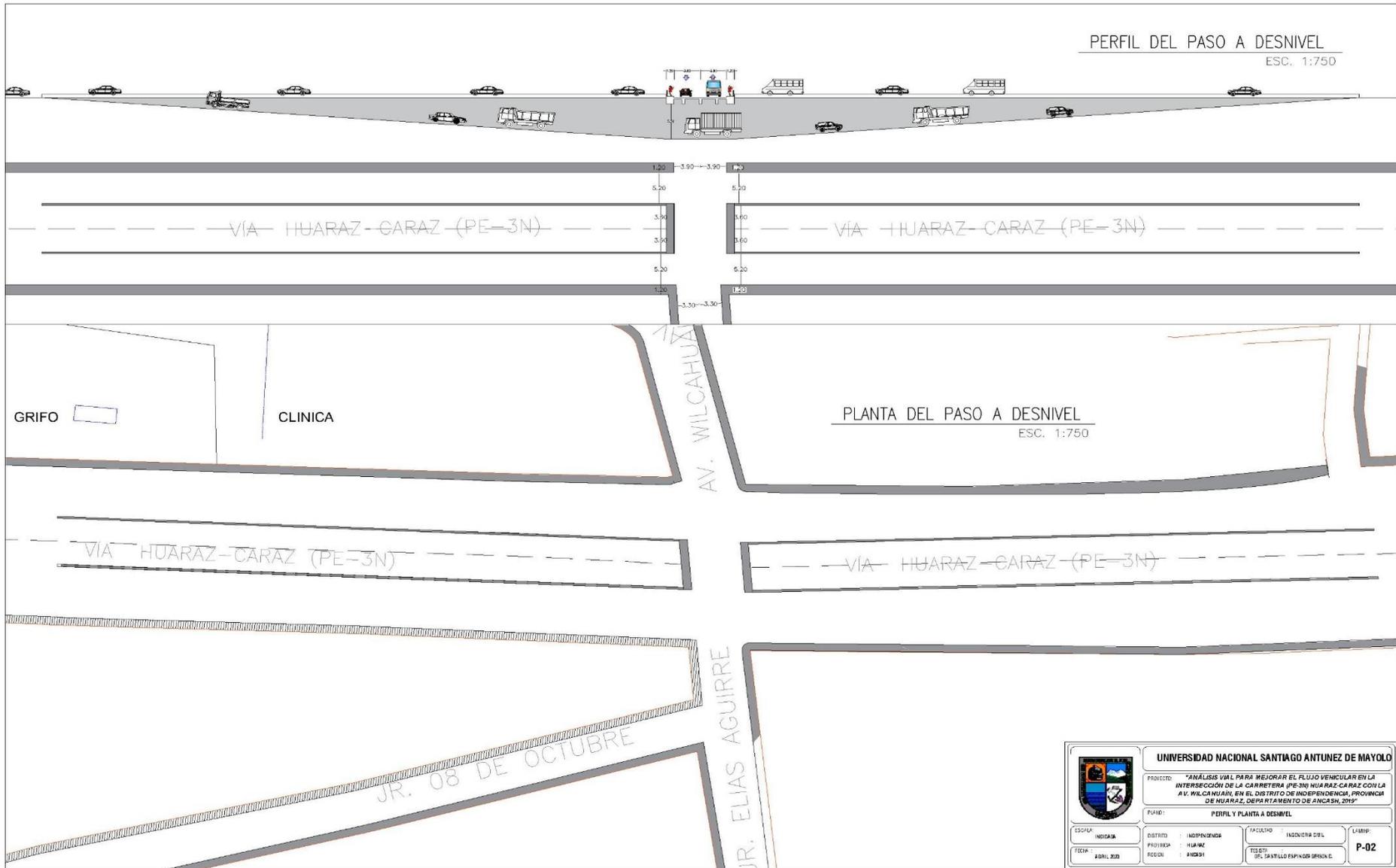
Anexo F 1. Plano de sección transversal del paso a desnivel.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</b>			
PROYECTO: "ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAJÍN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2012"			
PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES			
ESCALA:	DISTRITO:	FACULTAD:	LÍNEA:
INDICAR	INDEPENDENCIA	INGENIERÍA CIVIL	P-01
FECHA:	PROYECTA:	REGIÓN:	TEMA:
01/11/2012	HUARAZ	ANCASH	TRAZADO DEL DISEÑO EMPAQUETA UNIDAD II



Anexo F 2. Plano de perfil y planta del paso a desnivel.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</b>			
PROYECTO: "ANÁLISIS VIAL PARA MEJORAR EL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRETERA (PE-3N) HUARAZ-CARAZ CON LA AV. WILCAHUAYAN, EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"			
PLANO: PERFIL Y PLANTA A DESNIVEL			
ESCALA:	INDICIA:	DISTRITO:	FACULTAD:
FECHA:	PROYECTA:	REGION:	INGENIERIA DEL:
ABRIL 2020	HUARAZ	ANCASH	INGENIERIA DEL:
			LIBRO: P-02



## Anexo G

### Anexo G 1. Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE E INDICADORES	METODOLOGIA
Problema general.-	Objetivo general.-	Hipotesis general.-	Variables	
¿Cuál es el Análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019?	Determinar el análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección en la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	El análisis vial mejora el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la Av. Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.	<p>Variable Independiente:</p> <p>"Análisis Vial"</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>flujo vehicular"</p> <p>"Mejorar el</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Descriptiva</p> <p>Diseño de Investigación:</p> <p>No experimental-transversal</p>
Problemas específicos.-	Objetivos específicos.-	Hipotesis específicos.-	Indicadores:	
1) ¿Cuál es la situación actual realizando el análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) con la avenida Wilcahuain en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019?	1) Establecer la situación actual realizando el aforo vehicular a partir del análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	1) Determinando el aforo mejora el flujo vehicular de la situación actual con el análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.	<p>Zonificación</p> <p>Número de carriles</p> <p>Ancho de carril</p> <p>Pendiente</p> <p>Estacionamiento o parqueo</p> <p>Volumen de demanda</p> <p>Factor de hora pico</p> <p>Longitud de ciclo</p> <p>Tiempo de verde efectivo</p> <p>Tiempo de ámbra</p> <p>Tiempo de "todo rojo"</p> <p>Volumen ajustado</p> <p>Ciclo óptimo</p> <p>Capacidad</p> <p>Grado de saturación</p> <p>Demoras</p> <p>Nivel de servicio</p>	<p>Poblacion: intersecciones viales semaforizadas en el distrito de Independencia.</p> <p>Muestra: la intersección semaforizada de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con avenida Wilcahuain, perteneciente al distrito de Independencia</p> <p>Técnica de recolección de datos: Análisis de la información, observación.</p>
2) ¿Cuáles son los factores que intervienen en el análisis vial para mejorar el flujo vehicular de la intersección en la carretera Huaraz-Caraz (PE-3N) con la avenida Wilcahuain en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019?	2) Determinar los niveles de servicio vehicular para que se presenta en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain en el análisis vial para mejorar el flujo vehicular, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	2) Realizando el análisis vial para la mejora del flujo vehicular se encuentra el nivel de servicio en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.		
3) ¿Cómo influyen los resultados del análisis vial para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la carretera Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain en	3) Proponer alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular, a partir de un análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.	3) Existe la alternativa de solución para mejorar el flujo vehicular de los resultados obtenidos del análisis vial en la intersección de la carretera (PE-3N) Huaraz-Caraz con la avenida Wilcahuain en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash, 2019.		

