

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES**



**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS VEHICULARES DEL**

**ÓVALO CUZCO-TACNA 2019 Y SIMULACIÓN DE PASO A DESNIVEL**

**SENTIDO N-S UTILIZANDO SYNCHRO V.8**

**TESIS**

**Presentado por:**

**Bach. Félix Ladislao, Frisancho Camero**  
**ORCID: 0000-0002-5050-6486**

**Asesor:**

**Mag. Wilfredo Carlos Vicente Aguilar**  
**ORCID: 0000-0003-3323-819X**

**Para Obtener el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES**

**TACNA – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES**  
**Tesis**

**“ EVALUACION DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS VEHICULARES DEL  
OVALO CUZCO-TACNA 2019 Y SIMULACION DE PASO A DESNIVEL SENTIDO  
N-S UTILIZANDO SYNCHRO V.8 ”**

Presentada por:

**Bach. Félix Ladislao Frisancho Camero.**

**Tesis sustentada y aprobada el 22 de Julio del 2021 ante el siguiente  
jurado examinador:**

**PRESIDENTE: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres**

**SECRETARIO: Mag. Pedro Valerio Maquera Cruz**

**VOCAL: Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juarez**

**ASESOR: Mag. Wilfredo Carlos Vicente Aguilar.**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **FELIX LADISLAO FRISANCHO CAMERO**, en calidad de: Maestrando de la **Maestría/** Doctorado en Ingeniería Civil con mención en Transportes de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI. 00796360

Soy autor (a) de la tesis titulada:

**“EVALUACION DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS VEHICULARES DEL OVALO CUZCO-TACNA 2019 Y SIMULACION DE PASO A DESNIVEL SENTIDO N- S UTILIZANDO SYNCHRO V.8.”**

### DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de **MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL CON MEMNCION EN TRANSPORTES**, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

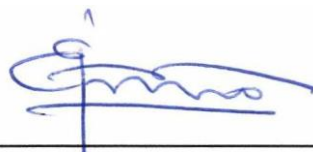
Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara **24** % de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 22 de Julio del 2021



Félix L. Frisancho Camero

DNI : 00796360

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por su protección y cuidado permanente con mi familia y darnos salud que es lo más importante en esta época.

A MIS PADRES, que siempre han sido un ejemplo a seguir siendo mi motivación en el logro de mis metas.

A MI FAMILIA, por su apoyo constante y las muestras de amor que a diario recibo.

Al ASESOR, Mag. Wilfredo Carlos Vicente Aguilar, por su apoyo constante en la realización de esta tesis.

**DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a Dios,  
por darme la vida y salud permitiendo  
llegar hasta esta etapa en mi vida profesional.

A la memoria de mi padre Félix y a mi Madre Carmen

Presente por el ejemplo de vida, amor y  
ser siempre el soporte fundamental en toda mi  
Formación profesional.

A mi Esposa, mis hijas y mi nieta Lucianita  
Que son la motivación en el cumplimiento de  
mis metas y proyectos propuestos  
siendo siempre mí apoyo incondicional

**Félix L. Frisancho Camero.**

## INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
INDICE DE CONTENIDOS .....	IV
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. Interrogante Principal: .....	3
1.2.2. Interrogantes Secundarias: .....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS .....	9
2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS .....	41
CAPITULO III MARCO METODOLOGICO .....	44
3.1. HIPOTESIS .....	44

3.1.1.	Hipótesis General:	44
3.1.2.	Hipótesis Específicas:	44
3.2.	VARIABLES	44
3.2.1.	Identificación de la Variable Independiente	44
3.1.2.1.	Indicadores:	44
3.1.2.2.	Escala de medición	44
3.2.2.	Identificación de la Variable Dependiente:	45
3.2.2.1	Indicadores	45
3.2.2.2	Escala de medición	45
3.3.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	45
3.4.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	45
3.5.	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.5.1.	Ámbito Social:	45
3.5.2.	Tiempo Social.	45
3.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA	46
3.6.1.	Unidad de Estudio:	46
3.6.1.1	Población:	46
3.6.1.2	Muestra	46
3.7.	PROCEDIMIENTO, TECNICAS E INSTRUMENTOS	47
3.7.1.	Procedimiento	47
3.7.2.	Técnicas	47
3.7.3.	Instrumentos:	48
CAPITULO IV RESULTADOS:		49
4.1.	DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO	49
4.1.1.	Ubicación	49
4.1.2.	Zonificación	50
4.1.3.	Crecimiento Población de Tacna	52

4.1.4.	Infraestructura Vial - Ejes de desarrollo y sistema vial .....	53
4.1.5.	Parque Automotor de Tacna .....	55
4.1.6.	Características Geométricas de la Intersección Vial.....	55
4.1.6.1.	Acceso Norte: (Avenida Cuzco).....	57
4.1.6.2.	Acceso Sur :( Avenida Municipal) .....	59
4.2.1.	Aforo Vehicular .....	60
4.2.2.	Conteo de Flujos Direccionales .....	65
4.2.3.	Conteos Vehiculares en Horas Pico.....	77
4.2.4.	Selección de Hora Pico .....	78
4.2.5.	Análisis de la hora Pico.....	80
4.3.	RESULTADOS .....	86
4.3.1.	Parámetros de Análisis Básicos.....	86
4.3.2.	Simulación en Escenario Actual .....	90
4.3.3.	Paso a Desnivel por el Ovalo Cuzco N-S.....	92
4.3.3.1.	Resultados de la Simulación Mediante Paso a Desnivel .....	93
4.4.	Comprobación de Hipótesis. ....	95
4.4.1.	De la Hipótesis General.....	95
4.4.2.	De Las Hipótesis Especificas .....	95
CAPITULO V    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		97
5.1.	CONCLUSIONES .....	97
5.2.	RECOMENDACIONES O PROPUESTA .....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		100



## INDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Niveles de servicio, según demoras (s/veh)</i> .....	13
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación y Codificación de Vías</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Clasificación de Vías Internacionales</i> .....	24
<b>Tabla 4</b> <i>Clasificación de Vías Interregionales</i> .....	24
<b>Tabla 5</b> <i>Clasificación de Vías Interprovinciales</i> .....	25
<b>Tabla 6</b> <i>Clasificación de Vías Arteriales</i> .....	25
<b>Tabla 7</b> <i>Ancho de carriles según clasificación vial urbana</i> .....	29
<b>Tabla 8</b> <i>Factor de ajuste por utilización de carriles</i> .....	35
<b>Tabla 9</b> <i>Clasificación del Nivel de Servicio según demora</i> .....	41
<b>Tabla 10</b> <i>Crecimiento Poblacional por distritos de la Ciudad Tacna</i> .....	53
<b>Tabla 11</b> <i>Parque Automotor en Circunvalación a Nivel Nacional, según Departamento, 2011-2019</i> .....	55
<b>Tabla 12</b> <i>Aforo vehicular día 1</i> .....	62
<b>Tabla 13</b> <i>Aforo vehicular día 2</i> .....	63
<b>Tabla 14</b> <i>Aforo vehicular día 3</i> .....	64
<b>Tabla 15</b> <i>Aforo vehicular del Giro 1 (Av. Municipal - Av. Collpa Este)</i> .....	65
<b>Tabla 16</b> <i>Aforo vehicular del Giro 2 (Av. Municipal - Av. Circunvala. Este)</i> .....	66
<b>Tabla 17</b> <i>Aforo vehicular del Giro 3 (Av. Municipal - Av. Cuzco)</i> .....	66
<b>Tabla 18</b> <i>Aforo vehicular del Giro 4 (Av. Municipal - Circunvalación Oeste)</i> .....	66
<b>Tabla 19</b> <i>Aforo vehicular del Giro 5 (Av. Cuzco - Circunvalación Oeste)</i> .....	67
<b>Tabla 20</b> <i>Aforo vehicular del Giro 6 (Av. Cuzco - Av. Collpa Este)</i> .....	67
<b>Tabla 21</b> <i>Aforo vehicular del Giro 7 (Av. Cuzco - Av. Municipal)</i> .....	68

<b>Tabla 22</b> <i>Aforo vehicular del Giro 8 (Av. Circunvalación Este - Av. Cuzco)</i> .....	68
<b>Tabla 23</b> <i>Aforo vehicular del Giro 9 (Av. Circunvala. Este - Av. Circunvala. Oeste)</i> .....	69
<b>Tabla 24</b> <i>Aforo vehicular del Giro 10 (Av. Circunvalación Este - Av. Municipal)</i> .....	69
<b>Tabla 25</b> <i>Aforo vehicular del Giro 11 (Av. Collpa Este - Av. Cuzco)</i> .....	70
<b>Tabla 26</b> <i>Aforo vehicular del Giro 12 (Av. Collpa Este - Av. Circunvalación Oeste)</i> .....	70
<b>Tabla 27</b> <i>Aforo vehicular del Giro 13 (AV. Collpa Oeste - Av. Municipal)</i> .....	71
<b>Tabla 28</b> <i>Aforo vehicular del Giro 14 (Av. Collpa Oeste - Av. Collpa Este)</i> .....	71
<b>Tabla 29</b> <i>Aforo vehicular del Giro 15 (Av. Collpa Oeste - Circunvalación Oeste)</i> .....	71
<b>Tabla 30</b> <i>Flujo vehicular del Giro 16 (Av. Collpa Oeste - Av. Cuzco)</i> .....	72
<b>Tabla 31</b> <i>Aforo vehicular del Giro 17 (Av. Circunvalación Oeste - Av. Municipal)</i> .....	72
<b>Tabla 32</b> <i>Aforo vehicular del Giro 18 (Av. Circunvalación Oeste - Av. Collpa Este)</i> .....	73
<b>Tabla 33</b> <i>Determinación de la hora pico - Turno Mañana (25-Oct-2019)</i> .....	74
<b>Tabla 34</b> <i>Determinación de la hora pico - Turno mañana (26-Oct-2019)</i> .....	75
<b>Tabla 35</b> <i>Determinación de la hora pico - Turno Mañana (29 - Oct -2019)</i> .....	76
<b>Tabla 36</b> <i>Volumen máximo de vehículos durante 15 minutos de flujo vehicular</i> .....	81
<b>Tabla 37</b> <i>Total de Vehículos por hora en condición más crítica.</i> .....	82
<b>Tabla 38</b> <i>Total de Vehículos Livianos y Pesados por giro en hora pico – Turno Mañana 25/10/2019</i> .....	83
<b>Tabla 39</b> <i>Porcentaje de vehículos pesados por giro</i> .....	84
<b>Tabla 40</b> <i>Factor de hora pico (Peak Hour Factor)</i> .....	84
<b>Tabla 41</b> <i>Resultados obtenidos de la simulación en la situación actual</i> .....	84
<b>Tabla 42</b> <i>Parámetros de Análisis Básicos</i> .....	85
<b>Tabla 43</b> <i>Resultados de parámetros de evaluación del Programa Synchro V.8</i> .....	92
<b>Tabla 44</b> <i>Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, para la propuesta planteada</i> ....	95

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Ubicación de Ovalo Cuzco, entre los distritos de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa.</i> .....	3
<b>Figura 2.</b> <i>Relación de Vol/Cap. Vs Velocidad de Operación</i> .....	12
<b>Figura 3</b> <i>Elementos Geométricos Básicos de una Rotonda.</i> .....	20
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación de la zona de estudio</i> .....	49
<b>Figura 5</b> <i>Clasificación de Uso de suelos según MPT.</i> .....	50
<b>Figura 6</b> <i>Zonificación de la zona de estudio</i> .....	51
<b>Figura 7</b> <i>Tendencias de Crecimiento Población de la ciudad de Tacna 2015 – 2019</i> .....	53
<b>Figura 8</b> <i>Vista de acceso al Ovalo Cuzco</i> .....	56
<b>Figura 9</b> <i>Acceso Norte (Av. Cuzco)</i> .....	57
<b>Figura 10</b> <i>Sección Vial del Acceso Norte (Av. Cuzco)</i> .....	58
<b>Figura 11</b> <i>Pendiente promedio del Acceso Norte (Av. Cuzco)</i> .....	58
<b>Figura 12</b> <i>Acceso Sur (Av. Municipal)</i> .....	59
<b>Figura 13</b> <i>Sección Vial del Acceso Sur (Av. Municipal)</i> .....	59
<b>Figura 14</b> <i>Pendiente promedio del Acceso Sur (Av. Municipal)</i> .....	60
<b>Figura 15</b> <i>Ubicación de las estaciones de Videocámaras</i> .....	61
<b>Figura 16</b> <i>Sentido de flujo vehicular Sur-Norte (Av. Municipal)</i> .....	65
<b>Figura 17</b> <i>Sentido de Flujo vehicular Norte - Sur (Av. Cuzco)</i> .....	67
<b>Figura 18</b> <i>Sentido del Flujo vehicular E-O (Av. Circunvalación Este)</i> .....	68
<b>Figura 19</b> <i>Sentido de Flujo vehicular SE- Oeste (Av. Collpa Este)</i> .....	69
<b>Figura 20</b> <i>Sentido de Flujo vehicular SO - Este (Av. Collpa Oeste)</i> .....	70
<b>Figura 21</b> <i>Sentido de Flujo vehicular Oeste - Este (Av. Circunvalación Oeste)</i> .....	72

<b>Figura 22</b> <i>Variación de volúmenes vehiculares por periodos de 15 minutos del día 25/10/2019</i>	77
<b>Figura 23</b> <i>Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día 26/10/2019</i>	77
<b>Figura 24</b> <i>Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día 29/10/2019</i>	78
<b>Figura 25</b> <i>Variación de volumen vehicular en la hora pico del 25/10/2019</i>	79
<b>Figura 26</b> <i>Variación de volumen vehicular en la hora pico del 26/10/2019</i>	79
<b>Figura 27</b> <i>Variación de volumen vehicular en la hora pico del 29/10/2019</i>	80
<b>Figura 28</b> <i>Movimientos identificados en cada acceso</i>	81
<b>Figura 29</b> <i>Flujograma del Volumen horario de máxima demanda - VHMD</i>	82
<b>Figura 30</b> <i>Pantalla de inicio del Synchro V.8</i>	86
<b>Figura 31</b> <i>Ingreso de la imagen satelital</i>	87
<b>Figura 32</b> <i>Ingreso de carriles en las intersecciones y sus respectivos giros</i>	88
<b>Figura 33</b> <i>Ingreso de volúmenes de tráfico</i>	89
<b>Figura 35</b> <i>Ingreso de datos para la simulación en la situación del flujo actual</i>	90
<b>Figura 36</b> <i>Factor de Utilización (ICU) del Ovalo Cuzco en situación actual</i>	90
<b>Figura 37</b> <i>Resultados obtenidos de la simulación en la situación actual</i>	91
<b>Figura 38</b> <i>Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, para la situación actual</i>	91
<b>Figura 39</b> <i>Resultados de la propuesta planteada</i>	93
<b>Figura 40</b> <i>Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, par a la situación actual</i>	94
<b>Figura 41</b> <i>Ingreso de datos para la simulación de la propuesta planteada</i>	94

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar el nivel de servicio del flujo vehicular existente el óvalo Cuzco, donde confluyen las Avenidas: Municipal , Collpa, Cuzco y Jorge Basadre Grohmann ( Circunvalación Este-Oeste) ; observando en todas las intersecciones, especialmente en las horas pico de 7.00 a 9.00 am. gran congestión vehicular, situación que se agrava mucho más con el paso del Ferrocarril Tacna Arica que atraviesa diametralmente el óvalo Cuzco en el sentido N-S, además de la escasa señalización horizontal y vertical en la zona , generando caos y largas colas vehiculares. Planteando también como alternativa de solución, la simulación de un paso a desnivel sentido N-S mediante el programa Synchro V.8.

Para lograr este objetivo, lo primero que se hizo fue la evaluación del comportamiento del flujo vehicular mediante la observación en campo, donde se realizó la toma de información básica del estado actual del óvalo Cuzco: conteo vehicular y arterias existentes, aforando en las intersecciones de ingreso y salida del óvalo Cuzco, registrando además los giros principales de los diferentes vehículos; estos datos obtenidos en campo fueron procesados mediante hojas de cálculo Excel, bajo la metodología HCM 2010 y ser usados como datos de entrada para determinar el nivel de servicio en función del volumen de tráfico y las características geométricas del óvalo Cuzco, mediante la micro simulación Synchro V.8.

La simulación del flujo vehicular del óvalo Cuzco 2019, efectuada para la situación actual y la propuesta de paso a desnivel sentido N-S, determinó que el nivel de servicio del escenario actual es **F** que representa una libertad de maniobra nula ; mientras que con la propuesta de paso a desnivel sentido N-S es **D** representando una circulación con libertad de maniobra seriamente restringida ; si bien existe una mejora en el nivel de servicio y una notable reducción de los tiempos de demora, en ambos casos la demanda vehicular sobrepasa su capacidad de infraestructura vial , pues los valores del Factor de utilización ICU son del orden del 173 % para el escenario actual y 103% para la propuesta de paso a desnivel sentido N-S.

Se concluye que el mayor flujo vehicular se presenta en las intersecciones de la Avenida Cuzco y la Avenida Municipal con el óvalo Cuzco.

**Palabras clave:** nivel de servicio, flujo vehicular, hora pico, simulación, congestión vehicular.

### ABSTRACT

The main objective of this research work is to determine the level of service of the existing vehicular flow in the Cuzco oval, where the Avenues converge: Municipal, Collpa, Cuzco and Jorge Basadre Grohmann (East-West Ring Road); observing at all intersections, especially at peak hours from 7:00 to 9:00 am. great vehicular congestion, a situation that is much more aggravated by the passage of the Tacna Arica Railroad that diametrically crosses the Cuzco oval in the N-S direction, in addition to the scarce horizontal and vertical signaling in the area, generating chaos and long vehicular queues. Also proposing as an alternative solution, the simulation of an overpass in the N-S direction using the Synchro V.8 program.

To achieve this objective, the first thing that was done was the evaluation of the traffic flow behavior through field observation, where basic information was collected on the current state of the Cuzco oval: vehicle count and existing arteries, focusing on the intersections of entry and exit of the Cuzco oval, also recording the main turns of the different vehicles; These data obtained in the field were processed using Excel spreadsheets, under the HCM 2010 methodology and used as input data to determine the level of service based on the volume of traffic and the geometric characteristics of the Cuzco oval, using the Synchro micro simulation. V.8.

The simulation of the traffic flow of the Cuzco 2019 oval, carried out for the current situation and the proposed overpass in the N-S direction, determined that the service level of the current scenario is F, which represents zero freedom of maneuver; while with the proposed overpass in the N-S direction it is D representing a circulation with freedom of maneuver seriously restricted; Although there is an improvement in the service level and a notable reduction in delay times, in both cases the vehicle demand exceeds its road infrastructure capacity, since the ICU Utilization Factor values are of the order of 173% for the scenario current and 103% for the proposed overpass in the NS direction.

It is concluded that the highest vehicular flow occurs at the intersections of Avenida Cuzco and Avenida Municipal with the Cuzco oval.

Keywords: service level, traffic flow, rush hour, simulation, traffic congestion.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de los impactos producidos por el crecimiento poblacional e infraestructura vial en el sistema de transporte, es importante porque permite: predecir, analizar y dar alternativas de solución para mitigar los impactos.

El crecimiento económico del país, en la última década, ha ocasionado el incremento del parque automotor a nivel nacional, generando problemas, dificultades e innumerables puntos de conflicto, consecuentemente la congestión vehicular, situación que afecta directamente a la población en general

Esta problemática no es ajena a la ciudad de Tacna, donde la congestión vehicular en horas pico se presenta principalmente en los óvalos, sobre todo en el óvalo Cuzco, siendo ésta una infraestructura vial en la que confluyen varias avenidas principales, y por la demanda vehicular, se ven superadas en su capacidad, generándose: congestionamiento, largas colas vehiculares, pérdidas de tiempo, contaminación ambiental, estrés etc.

La presente tesis busca determinar el nivel de servicio en el óvalo Cuzco, para las condiciones actuales de flujo vehicular y geometría del mismo, como también simular la alternativa técnica mediante un paso a desnivel en el sentido N-S , con el programa Synchro V.8; así mismo establecer en qué intersecciones con el óvalo Cuzco se presentan los mayores flujos vehiculares, datos que permitirán proponer alternativas de solución, justificando así la formulación del presente proyecto de investigación..

El contenido de la tesis está constituido por cinco capítulos; conteniendo el primer capítulo los alcances, objetivos e hipótesis que se plantean en esta investigación y una breve descripción y formulación del problema, En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, que contiene la información y bases teóricas, las cuales sirven para un mejor entendimiento de la tesis. El tercer capítulo trata del marco metodológico que hace referencia al tipo y diseño de la investigación, recolección y procesamiento de los datos necesarios para la correcta representación de la situación actual del óvalo Cuzco, basado principalmente en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). El cuarto capítulo contiene los registros de la geometría vial y tránsito (flujo vehicular, % vehículos pesados, análisis de la hora pico etc.); datos que permiten la evaluación del nivel de servicio mediante Synchro V.8, del escenario actual y de la alternativa de solución planteada mediante paso a desnivel sentido N-S. El quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El tráfico vehicular es un problema que afecta a todos los sectores de una sociedad, los puntos de congestión vehicular ocasionan pérdidas de tiempo y dinero, además, incrementan la contaminación sonora y ambiental, así como el estrés en los individuos.

Frente a esta problemática cada ciudad plantea alternativas diferentes que permitan solucionar el congestionamiento vehicular, según el tamaño de la ciudad, el presupuesto con el que cuente y la disposición de las autoridades de turno.

Según el Ministerio Transportes y Comunicaciones - Reporte Parque Automotor e Circulación a Nivel Nacional por Departamentos 2011 - 2019, en Tacna el parque automotor en circulación del año 2019 era de 53,271 vehículos, y tomando como referencia el periodo del reporte (09 años) , se observa un incremento del parque automotor del orden de 25.88%; situación que genera permanentemente un aumento del tráfico y congestión vehicular, que afecta directamente a la población. (MTC-2011-2019)

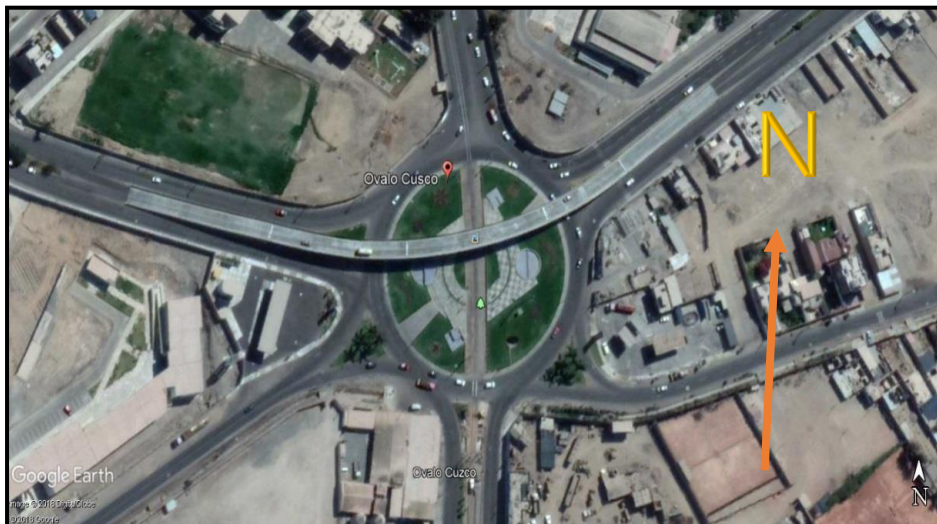
Según el Instituto Nacional de estadística INEI 2019 - Crecimiento Poblacional de la Ciudad de Tacna por distritos, establece que el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa en el año 2019 cuenta con una población de 122,124 habitantes, quienes a diario se desplazan masivamente hacia la ciudad de Tacna, transitando principalmente por la Avenida Municipal utilizando mayormente el transporte público, por cuanto, la ciudad de Tacna concentra : la banca comercial, parque industrial, centros educativos, sedes de direcciones regionales, hospitales, centros comerciales y otros, situación que en las horas pico (7.00 a 9.00 am.) genera congestión y caos vehicular en la intersección de la Avenida Municipal con el óvalo Cuzco ocasionando además daños físicos y psicológicos en la población. (INEI-2019)



El problema de transporte en el óvalo Cuzco sobre todo en horas pico viene creciendo exponencialmente sin que se formulen soluciones definitivas al respecto , observando diariamente que los conductores y pasajeros de vehículos particulares y pasajeros de taxis, combis, cústers y buses pierden muchas horas movilizándose hacia sus centros de trabajo o centros de estudio, formándose largas colas en las avenidas que confluyen en el ovalo, siendo necesario evaluar el nivel de servicio en flujos vehiculares, a fin de tomar las diferentes medidas de solución.

### Figura 1

*Ubicación de Ovalo Cuzco, entre los distritos de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa.*



*Nota.* La figura muestra una foto aérea donde se observa los accesos al ovalo y el paso a desnivel existente. Fuente: Google Earth Pro. -2018

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Interrogante Principal:

¿La micro simulación utilizando Synchro V.8, permitirá evaluar el nivel de servicio en flujos vehiculares del óvalo Cuzco-Tacna en el año 2019 y realizar una simulación de paso a desnivel sentido N-S?

### **1.2.2. Interrogantes Secundarias:**

- ¿Cuál es el grado de saturación vehicular que presenta el óvalo Cuzco 2019?
- ¿En qué intersección con el óvalo Cuzco se generará el mayor flujo vehicular?
- ¿De qué manera el modelo de micro simulación Synchro V.8 analiza la congestión vehicular en el óvalo Cuzco?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El crecimiento urbano precipitado ha concentrado una parte considerable de la población de la ciudad en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, el mismo que se encuentra carente de una estructura comunicativa que responda adecuada, eficaz y equitativamente a las necesidades de transporte público generando sectores urbanos segregados, que requieren articularse al centro urbano predominante de la ciudad Tacna.

La ciudad de Tacna plantea lineamientos de crecimiento turístico y comercial que demandan de alternativas que respondan a las necesidades subsecuentes al desarrollo con respecto a la movilización de pasajeros en el área urbana.

La justificación social tiene su mayor impacto, por cuanto las soluciones al problema transporte se plantean teniendo como objetivo principal mejorar la calidad de vida de las personas que a diario utilizan esta infraestructura vial.

La presente investigación, es muy importante, porque serviría de base, en la toma de decisiones futuras que realicen los técnicos y autoridades para solucionar la congestión vehicular existente en el óvalo Cuzco. Es necesario considerar que agosto del 2010, la Municipalidad Provincial de Tacna con una inversión que superó los 8 Millones de soles ejecuto el paso a desnivel en el sentido Este-Oeste, infraestructura que no solucionó la congestión vehicular existente, ni mejoró el nivel de servicio en el óvalo Cuzco.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el nivel de servicio en flujos vehiculares del óvalo Cuzco-Tacna 2019 y realizar una simulación de paso a desnivel N-S utilizando Synchro V.8- Tacna.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el grado de saturación vehicular del óvalo Cuzco 2019.
- Identificar en que intersecciones con el óvalo Cuzco se genera el mayor flujo vehicular.
- Analizar el comportamiento del flujo vehicular en el Ovalo Cuzco- 2019 mediante el modelo de micro simulación Synchro V.8.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

La búsqueda de los antecedentes bibliográficos estuvo orientada a determinar aquellas tesis relacionadas con el diseño, implementación de modelos y metodologías para la evaluación del nivel de servicio en rotondas y pasos a desnivel; siendo:

Sotelo, J. (2010). *Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta investigación determina que existe una relación inter funcional entre el uso del suelo urbano y el sistema de transporte, por cuanto si existe un cambio en el uso del suelo por la construcción de centros comerciales o residenciales, se incrementan los flujos de transporte tanto público como privado, debiendo evaluarse si estos cambios en la infraestructura existente son o no adecuadas para soportar el incremento de estos flujos, siendo necesario realizar el Análisis de Impactos del Desarrollo de Proyectos Urbanos en el Sistema Vial y de Transporte, para predecir, analizar y dar alternativas de solución a los impactos que producen éstos en las vías, sean positivos o negativos. Para su análisis y modelación se realizó los estudios de tránsito con la finalidad de determinar la capacidad y los niveles de servicio del sistema de transporte, y así optimizar las condiciones de accesibilidad, tránsito de los flujos vehiculares y de estacionamiento, así como aumentar las condiciones de accesibilidad y seguridad a los desplazamientos peatonales y de ciclistas en concordancia con el sistema de transporte público y privado.

El trabajo de investigación también ha evaluado el Análisis de Impactos del Desarrollo de Proyectos Urbanos en el Sistema Vial y de Transporte, para predecir, analizar y dar alternativas de solución a los impactos, así como determina la existencia una relación inter funcional entre el uso del suelo urbano y el sistema de transporte.

Ortega, H (2017). *Evaluación De La Capacidad En Rotondas, En Función De La Optimización De Su Diseño Geométrico Basado En Un Aumento De La Seguridad. Caso De Estudio Cuenca*, Tesis de grado, Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Civil - Ecuador.

Tesis efectuada en convenio con la Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria-Portugal; esta investigación, recomienda parámetros geométricos para el diseño de rotondas simples y múltiples en las zonas urbanas, que permitan establecer intersecciones que disminuyan la velocidad de circulación, las cuales mantengan o mejoren la capacidad y nivel de servicio en rotondas en la zona de Cuenca-Ecuador, así como también se presenta una comparación de los parámetros geométricos y una evaluación de las principales características geométricas y de tráfico de las dos intersecciones en estudio, en donde a la vez se determinan los flujos existentes para el año 2017, se realiza también un análisis de las metodologías del cálculo de capacidad, análisis de la accidentalidad producida en las rotondas, identificando los parámetros que influyen en mayor medida a la generación de accidentes, se presenta la comparación entre el estado actual y el rediseño efectuado a partir de los parámetros establecidos, así como también de la capacidad y de los niveles de servicio.

Huamanchao, U. (2015). *Implementación de Políticas y Técnicas innovadoras de Seguridad Vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en Carreteras Nacionales*, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta investigación plantea la implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora para mejorar la Seguridad Vial y reducir los índices de accidentalidad con mayores víctimas causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales, debiéndose identificar los tramos críticos, zonas de riesgo, elementos de inseguridad vial en una carretera nacional en servicio siendo el

caso de estudio.

El trabajo de investigación evalúa también la implementación de políticas y técnicas de auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora, para lograr mejorar la Seguridad Vial reflejando la reducción del índice de accidentalidad con víctimas fatales y no fatales causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales.

Ríos, E. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracworks y Synchro 8*, Tesis de pre grado, Universidad de Piura.

La tesis tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico en la formulación de proyectos de pasos a desnivel, además de analizar intercambios modernos a nivel, el mismo que revele las fallas técnicas en el sistema vial y así proponer soluciones a mediano y largo plazo desde un punto de vista técnico-económico mediante software de simulación y análisis de tránsito como INFRAWORKS y SYNCHRO V. 8 con metodología HCM 2010 y normativa MTC DG-2018.

Trabajo que también muestra el estudio de tráfico correspondiente para determinar los volúmenes actuales durante la hora pico, además de tomar mediciones geométricas y ciclos semafóricos en las intersecciones, con la configuración actual de la vía, de la cual se hace el respectivo análisis de tránsito, datos que permiten realizar una propuesta eficiente mediante simulación y análisis de tránsito, aplicando intersecciones innovadoras tales como CFI (Continuos-Flow Intersection) que viene siendo utilizada en EE.UU. como una alternativa más eficiente y económica.

Villacreces, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la República del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*, Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

La tesis en mención, tiene como objetivo principal establecer para Ecuador parámetros homogéneos para toda la sociedad de diseñadores y seguir una reglamentación

adecuada que brinde espacios más seguros para los usuarios, tanto a peatones como para automóviles, ya que en la actualidad muchos por la falta de normativas adoptan parámetros usados en otros países.

Así mismo este trabajo de investigación tiene como objetivo crear nuevos campos de estudio para elaborar un documento que se acople mejor a la realidad del país. Dentro del cual se han tomado parámetros internacionales aceptados, pero que sin lugar a dudas puede sobre - estimar o sub- estimar un diseño ya que no responde a la realidad de nuestros conductores o nuestro parque automotriz, así como establecer parámetros homogéneos para toda la sociedad de diseñadores, pues en la actualidad muchos por la falta de normativas adoptan parámetros usados en otros países. Esto origina, cambios geométricos los cuales son percibidos por los conductores ocasionando potenciales problemas en la conducción. Es por ello que, en nuestro día cotidiano, dentro de la infraestructura vial existente, al conducir percibimos carriles más estrechos de los habituales, redondeles con radios muy pequeños, entre otros problemas. Seguir una reglamentación adecuada siempre brindará espacios más seguros para los usuarios, tanto a peatones como para automóviles.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Se procederá a detallar conceptos claves de la teoría de flujo vehicular de capacidad y niveles de servicio (NdS) en vías urbanas, con Metodología HCM 2010.

### **2.2.1 Capacidad Vial**

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta

Según Cal y Mayor R., Cárdenas J. (2007)

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede

soportar una carretera o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos (personas) que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un período específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar este rango. (p 355).

### **2.2.2 Nivel de Servicio (Nas)**

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Según Cal y Mayor R., Cárdenas J, (2007) “Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción para los motoristas y/o pasajeros” (p. 355)

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Existen varios factores, que determina este concepto:

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazos suaves.
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

A cada nivel de servicio corresponde un volumen de servicio, que será el máximo



número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel. El HCM 2010 establece seis niveles de servicio, los cuales son descritos usando letras desde la A hasta la F. el nivel A representa las mejores condiciones operativas y el nivel F las peores. Cada nivel de servicio representa un rango de condiciones de operación y la percepción del conductor de esas condiciones.

Según Cal y Mayor & Cárdenas, (2007)

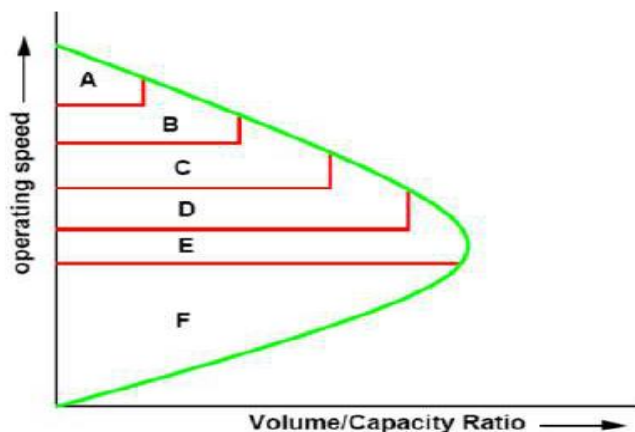
- Nivel de Servicio A.- Corresponde a las condiciones de libre flujo vehicular. Las maniobras de conducción no son afectadas por la presencia de otros vehículos y están condicionadas únicamente por las características geométricas de la carretera y las decisiones del conductor. Este nivel de servicio ofrece comodidad física y psicológica al conductor.
- Nivel de Servicio B.- Indica condiciones buenas de libre circulación, aunque la presencia de vehículos que van a menor velocidad puede influir en los que se desplazan más rápido. Las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el nivel A, pero los conductores tienen menor libertad de maniobra. Las interrupciones menores son todavía fácilmente absorbibles, aunque los deterioros locales del nivel de servicio, pueden ser mayores que en el nivel anterior.
- Nivel de Servicio C.- En este nivel, la influencia de la densidad de tráfico en la circulación vehicular determina un ajuste de la velocidad. La capacidad de maniobra y las posibilidades de adelantamiento, se ven reducidas por la presencia de grupos de vehículos. Las interrupciones menores pueden causar deterioro local en el nivel de servicio y se formarán colas de vehículos ante cualquier interrupción significativa del tráfico.
- Nivel de Servicio D.- La capacidad de maniobra se ve severamente restringida, debido a la congestión del tránsito que puede llegar a la detención. La velocidad de

viaje se reduce por el incremento de la densidad vehicular, formándose colas que impiden el adelantamiento a otros vehículos.

- Nivel de Servicio E.- La intensidad de la circulación vehicular se encuentra cercana a la capacidad de la carretera. Los vehículos son operados con un mínimo de espacio entre ellos, manteniendo una velocidad de circulación uniforme. Las interrupciones no pueden ser disipadas de inmediato y frecuentemente causan colas, que ocasionan que el nivel de servicio se deteriore hasta llegar al nivel F.
- Nivel de Servicio F.- En este nivel, el flujo se presenta forzado y de alta congestión, lo que ocurre cuando la intensidad del flujo vehicular (demanda) llega a ser mayor que la capacidad de la carretera. Bajo estas condiciones, se forman colas en las que se experimenta periodos cortos de movimientos seguidos de paradas. (p. 355-356)

### Figura 2.

*Relación de Vol/Cap. Vs Velocidad de Operación*



*Nota.* La figura muestra los seis niveles de servicio en relación Vol/Cap. Fuente: Highway Capacity manual, 2010, Capítulo 8 p. 13

#### 2.2.2.1 Calidad de Servicio

Según el manual HCM-(2010) “define calidad de servicio como cuán bien funciona una instalación de transporte o servicio desde la perspectiva de un viajero. Y define los niveles de servicio (NdS) como una estratificación cuantitativa de una

medida del funcionamiento o medidas que representan la calidad del servicio”.

(Capítulo 8 -p. 110)

Para evaluar los NdS en la aproximación y en la intersección, los NdS se basan únicamente en el control de demora.

### 2.2.2.2 Control de Demora

El HCM identifica el control de demora como la principal medida de la calidad de servicio de intersecciones metaforizadas y no semaforizadas. La demora es un parámetro estándar utilizado para medir el funcionamiento de una intersección, es el tiempo que le lleva a un conductor desacelerar hacia una cola, estar en la cola, esperar un claro aceptable en el flujo de circulación mientras está en la parte delantera de la cola, y acelerar a la salida de la cola.

**Tabla 1**

*Niveles de servicio, según demoras (s/veh)*

Nivel de Servicio	Demora (segundos /vehículos)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

*Nota.* La tabla muestra la selección de los niveles de servicio según el tiempo de demora de los vehículos. Fuente: Manual HCM 2010, Capítulo 8, p. 9

### 2.2.2.3 Relación Volumen Capacidad (V/C)

La relación volumen-capacidad es una comparación de la demanda en la entrada de la rotonda con la capacidad de la misma y proporciona una evaluación directa de la eficacia de un diseño dado.

Para un carril determinado, la relación volumen-capacidad,  $x$ , se calcula

dividiendo la capacidad calculada del carril por su tasa de flujo de demanda, como se muestra en la Ecuación:

$$X = \frac{V}{C} \dots\dots\dots( 1 )$$

Donde:

V = volumen [veh/h]

C = capacidad [veh/h]

Mientras que el HCM no define un estándar para la relación volumen capacidad, la experiencia internacional sugiere que las tasas de volumen capacidad en el rango de 0.85 a 0.90 representan un umbral aproximado para un funcionamiento satisfactorio.

### **2.2.3 Método HCM 2010 para el Cálculo de Niveles de Servicio**

La FHWA – Roundabouts an Informational Guide 2da Edition (2011) propone como metodología de análisis operacional el manual de capacidad de caminos conocido como HCM 2010, metodología que determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, lo mismo que el nivel de servicio de la intersección como un todo o globalmente, a partir de una información detallada de las condiciones prevalecientes geométricas, del tránsito y del control semafórico.

Metodología que es muy versátil con ayuda de hojas de cálculo confeccionadas en el Microsoft Excel, la formulación para el método es:

- Introducción.
- Objetivos.
- Área de estudio.
- Sentidos de la circulación vial.
- Principales proyectos en el área de estudio.
- Características de la infraestructura vial.

- Trabajos de campo:
- Conteos de flujo vehicular.
  - Consideraciones de Aforo.
  - Resultado del Aforo Vehicular.
- Medición de flujos de saturación.
  - Determinación de la capacidad y grado de saturación.
  - Análisis de los resultados.
  - Identificación y conteo de rutas de transporte público.
- Análisis del nivel de servicio.
- Conclusiones y recomendaciones.

#### **2.2.4 Intersecciones Semaforizadas**

Según Cal y Mayor (2007) “A medida que pasa el tiempo el congestionamiento y los accidentes aumentan, por lo que para su atenuación el uso de semáforos ha alcanzado un notable desarrollo. Actualmente no se puede suponer, en las grandes ciudades del mundo, que el control del tránsito no se realice con los sistemas más avanzados de semáforos incluyendo la coordinación computarizada y la incorporación de detectores automáticos de vehículos,” (p. 436).

#### **2.2.5 Aforo.**

El aforo vehicular es el conteo de vehículos y se utiliza como una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tiene como principal objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o intersección. Se utilizarán formatos o fichas de observación.

A continuación, se enumeran las modalidades comúnmente usadas para aforos de tránsito:

### **2.2.5.1 Aforos Manuales:**

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo con un formato determinado adecuado para el lugar donde se realizará el conteo respectivo.

La efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto, ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan. Este tipo de aforo, pese a que puede resultar más costoso debido a la necesidad de contar con personal calificado, es el indicado para el aforo de intersecciones, donde se debe cuantificar los movimientos realizados.

### **2.2.5.2 Aforos automáticos:**

Este tipo de aforo se basa en la utilización de mecanismos automáticos que detectan paso de vehículos, procediendo con el conteo respectivo.

Los aparatos o dispositivos utilizados suelen ser neumáticos, usualmente ubicados en las calzadas, o en menores casos, se utilizan sensores detectores.

### **2.2.5.3 Aforos móviles:**

En algunas ocasiones se recurren a la realización de aforos en tramos determinados; por lo que el conteo se realiza desde otro automóvil, en un movimiento integrado en el flujo de tránsito.

### **2.2.5.4 Aforos fotográficos:**

Se basan en un control aéreo de la circulación mediante cámaras aéreas (Drones) y/o Filmadoras, método mediante el cual se puede obtener información

acerca de densidades, velocidades e incluso datos de intensidades.

### **2.2.6 Volumen e Intensidad**

El volumen e intensidad son dos medidas que cuantifican la cantidad de circulación que pasa por un punto durante un intervalo de tiempo concreto.

Estos términos se definen como sigue:

#### **2.2.6.1 Volumen**

Según Sotelo, J (2010) “Es el número total de vehículos que pasan por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado; los volúmenes pueden expresarse en términos anuales, diarios, horarios o en períodos inferiores a una hora (cada 15 minutos), Análisis de Impactos del Desarrollo de Proyectos Urbanos en el Sistema Vial y de Transporte”. (p 36)

#### **2.2.6.2 Intensidad (Tasa de Flujo)**

Es la tasa horaria equivalente a la que los vehículos pasan por un punto o sección transversal o por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo, usualmente 15 minutos. El volumen y la intensidad son las variables utilizadas para cuantificar la demanda, esto es, el número de viajeros o conductores (normalmente expresado como número de vehículos) que desean usar una infraestructura vial durante un período específico.

La intensidad se calcula tomando el número de vehículos observados en un período inferior a la hora y dividiéndolo entre el tiempo (en horas) en el que fueron observados. Por lo tanto, un volumen de 100 vehículos aforados en un período de 15 minutos implica una intensidad de 400 v/h.

#### **2.2.6.3 Índice Medio Diario Anual (Imda)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una

idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Además, los valores de IMDA proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento.

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

#### **2.2.6.4 Volumen Horario De Diseño (VHD)**

El patrón de tráfico en cualquier carretera muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el VHD, y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado para el diseño.

#### **2.2.6.5 Estudio De Tráfico**

Según Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 “ Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación



de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño. (Sección 202, P 25)

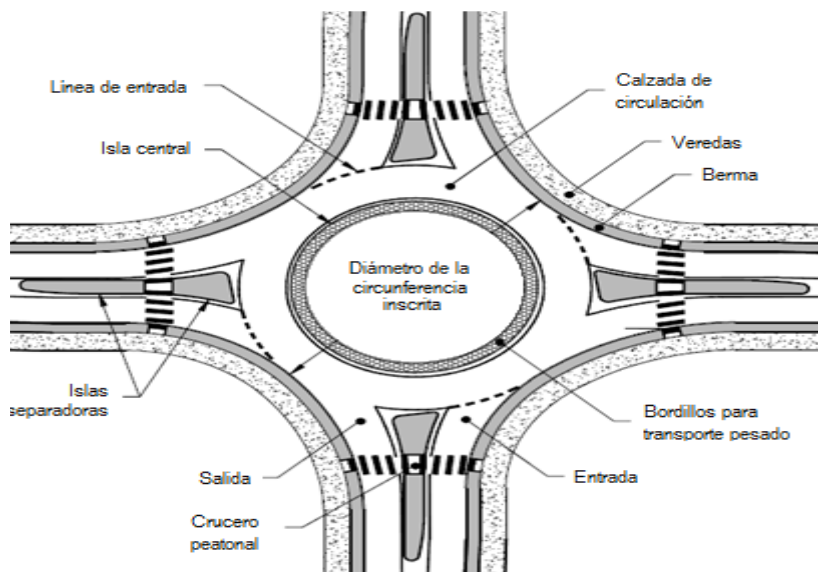
### **2.2.7 Intersecciones Rotatorias o Rotondas**

Según Manual de Diseño Geométrico MTC DG-2018, “La intersección rotatoria a nivel, también conocida como rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas circulan mediante un anillo vial, en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. Las trayectorias de los vehículos en el anillo son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto es menor que en otros tipos de intersecciones a nivel.

Las rotondas son ventajosas, si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son similares, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. En los tramos que las carreteras atraviesan zonas urbanas, las rotondas con semáforo, alivian congestione por exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama. (Sección 502.13, P 244).

**Figura 3**

*Elementos Geométricos Básicos de una Rotonda.*



*Nota.* Se muestra los elementos básicos de una Rotonda, islas separadoras, calzadas de circulación, entradas, salidas, cruceos peatonales, isla central etc. Fuente: Federal Highway Administration (2011)

### **2.2.8 Sistema Vial de Transporte**

Según indica el PDU, de la ciudad de Tacna 2014-2023, el objetivo del Sistema Vial Urbano es establecer un sistema de redes viales, que satisfaga la demanda de tránsito y transporte actual y futura, que garantice la interrelación entre los diferentes sectores del área urbana, así como la vinculación de ésta con el resto de la región y del país. (p 105)

#### **2.2.8.1 Clasificación Normativa de Vías:**

El sistema Vial Urbano está compuesto de vías con diferente función y jerarquía, las cuales se han agrupado en la siguiente clasificación vial.

##### **a) Vías Internacionales.**

Compone básicamente la vía Panamericana Sur y Norte que forma parte del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que integra la Ciudad de Tacna con

las regiones de Moquegua, Arequipa, Ica y Lima; y a su vez también posibilita su conexión con Arica y Norte de Chile. La vía Collpa la Paz que articula Pocollay a la ciudad de Tacna y el Valle Viejo de modo longitudinal, se proyecta a ser una vía de interconexión regional e internacional.

Se propone la consolidación de un segundo ingreso a la ciudad desde la vía Panamericana para lograr interconectar los equipamientos comerciales del sector 8 (Mercado Mayorista) con la red vial nacional.

**b) Vías Interregionales.**

Son las vías que forman parte del Sistema Nacional de Carreteras, las mismas que integran a la ciudad de Tacna con el resto de las regiones del país. Estas vías están destinadas principalmente al transporte interdepartamental de pasajeros y de carga.

**c) Vías Interprovinciales.**

Son las vías que componen la red vial Regional conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Son parte de la Red Vial Departamental o Regional, las carreteras que cumplan los siguientes criterios:

- Interconectar la capital del departamento de provincias o estas entre sí.
- Facilitar principalmente el transporte de personas y el Intercambio comercial a nivel regional o departamental y que tengan influencia en el movimiento económico regional.

Son aquellas vías que comunican a la ciudad de Tacna con las provincias de Jorge Basadre, Candarave y Tarata; articulan actividades productivas, de

transporte interprovincial de pasajeros y de carga, teniendo principalmente como origen y destino las zonas alto andinas del departamento de Tacna.

El plan recoge la propuesta del distrito de Ciudad Nueva y se genera un segundo ingreso a la ciudad desde la Vía de Tarata, circulando hacia el sur del Relleno sanitario y articulándolo a este sector de la ciudad.

#### **2.2.8.2 Vías de Articulación Urbana:**

##### **a) Vías Arteriales.**

Son definidas en el Plan de Desarrollo Urbano y son aquellas que por su grado de articulación, conexión, magnitud y jerarquía en el sistema vial urbano interrelacionan los grandes sectores de la ciudad entre sí. Se articulan directamente con la vía de Articulación Interregional.

Su función es la de permitir el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

El plan propone la articulación vial integral de los sectores 10, 11, 14 y 8, que son los que proyectan mayores áreas de expansión urbana, y de esta forma consolidar las centralidades existentes hacia el sur de la ciudad y dotar de la infraestructura vial necesaria para el funcionamiento de la centralidad Puerto Seco y de la centralidad Mercado Mayorista.

##### **b) Vías Colectoras.**

Se establecen en el Plan de Desarrollo Urbano y son las vías que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales. Dan servicio tanto al

tránsito de paso como hacia las propiedades adyacentes. Entre sus características se pueden señalar:

- El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales.
- Cuentan con señalización horizontal y vertical cuando empalman con vías locales.
- Se permite estacionamiento controlado.

**c) Vías Locales.**

Son aquellas vías cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida, por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semi pesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas con las vías colectoras.

### 2.2.8.3 Estructura del Sistema Vial Urbano

Según indica el (PDU, 2014) de la ciudad de Tacna 2014- 2023, El Sistema Vial Urbano de la ciudad de Tacna está estructurado de acuerdo con su función en una red vial Primaria y Secundaria utilizando la clasificación vial normativa establecida en el presente plan.

**Tabla 2**

*Clasificación y Codificación de Vías*

Estructura	Clasificación	
Red Vial Primaria	Vías internacionales	VIN
	Vías interregionales	VIR
	Vías interprovinciales	VIP
	Vías arteriales	VAR
Red Vial Secundaria	Vías colectoras	VC
	Vías locales	VL

*Nota.* La tabla muestra la clasificación de vías según su estructura, red vial primaria y secundaria. Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023, p 102

**a) Red Vial Primaria.**

Conformada por la Vías de Articulación Internacional, Interregional, Interprovincial y Arteriales. La función de la red vial primaria es permitir la interconexión de la ciudad hacia el sistema nacional de carreteras, y permitir la interconexión de los diferentes sectores de la ciudad entre sí, buscando la consolidación del modelo de desarrollo urbano propuesto.

**Tabla 3**

*Clasificación de Vías Internacionales*

<i>Vías Internacionales –VIN</i>	
<i>Nº</i>	<i>Nombre de Vías</i>
<i>1</i>	<i>Carretera Panamericana Sur y Norte</i>
<i>2</i>	<i>Vía Nuevo ingreso a Tacna</i>
<i>3</i>	<i>Av. Celestino Vargas</i>

*Nota.* La tabla muestra las vías internacionales clasificadas. Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023, p 103

**Tabla 4**

*Clasificación de Vías Interregionales*

<i>Vías interregionales – VI</i>	
<i>Nº</i>	<i>Nombre de Vías</i>
<i>1</i>	<i>Carretera costanera sur</i>

*Nota.* La tabla muestra la vía clasificada como interregional. Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023, p 103

**Tabla 5***Clasificación de Vías Interprovinciales*

<i>Vías Interprovinciales –VIP</i>	
<i>N°</i>	<i>Nombre de Vías</i>
<i>1</i>	<i>Av. Tarata</i>
<i>2</i>	<i>Carretera Tacna – Tarata</i>
<i>3</i>	<i>Vía provincial proyectada 1</i>

*Nota.* La tabla muestra las vías interprovinciales clasificadas. Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023, p 103

**Tabla 6***Clasificación de Vías Arteriales*

<i>Vías Arteriales –VAR</i>	
<i>N°</i>	<i>Nombre de Vías</i>
<i>1</i>	<i>Av. Municipal</i>
<i>2</i>	<i>Av. Jorge Basadre Grohmann Oeste</i>
<i>3</i>	<i>Av. Cuzco</i>

*Nota.* La tabla muestra las vías arteriales clasificadas. Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023, p 103

**b) Red Vial Secundaria.**

Esta red está conformada por las vías urbanas, llamadas Colectoras y Locales. Las vías colectoras tienen como función principal llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías Primarias cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Las vías Locales tienen como función principal la de proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

#### **2.2.8.4 Sistemas de Transporte**

Desde una apreciación general, el transporte presenta una clasificación muy diversificada: carga y pesaje, transporte público y transporte privado, transporte individual y transporte colectivo, entre otros.

##### **2.2.8.4.1 Transporte público urbano**

Los transportes públicos urbanos procuran el desplazamiento de personas de un punto a otro en el seno de las ciudades. La gran mayoría de las áreas urbanas de tamaño medio o grande poseen algún tipo de transporte público urbano. Además de que el transporte público urbano es parte esencial de una ciudad, propicia la reducción de la contaminación ambiental, ya que su presencia conduce al empleo de menos automóviles por el movimiento de personas, permitiendo el desplazamiento de aquellos que no tienen medios para adquirir un auto y necesitan recorrer largas distancias hasta el lugar de destino.

Es necesario contar con un inventario, el cual nos brinde la información necesaria respecto a los distintos sistemas de transporte público que presenta el área de estudio, así mismo, tener en cuenta datos como la ubicación de los paraderos, la frecuencia del servicio, la capacidad y situación de los vehículos, el número de rutas y otros, encontrándose en este sistema los microbuses, buses, combis y taxis.

##### **2.2.8.4.2 Transporte privado**

Son aquellos servicios que no están abiertos para el público general. Así mismo no tienen rutas, horarios y velocidades definidas.



El transporte privado se refiere a los servicios de transporte que no están abiertos o disponibles para el público en general.

Básicamente, el transporte privado se diferencia del transporte público en tres aspectos: Primero, el transporte privado no está sujeto a rutas, es decir, el usuario selecciona el camino que considere más conveniente para llegar a su destino. Segundo, no depende de horarios, a diferencia del transporte público donde el horario del viaje está dispuesto a la disponibilidad de los servicios. Tercero, la velocidad es selección del viajero (dentro de las limitaciones del vehículo, legales y de la infraestructura).

Por ejemplo, en un sistema de buses, la demanda son los pasajeros y la oferta son los autobuses, las estaciones, los horarios, las vías y los conductores, por el contrario, para los viajes en automóvil, la demanda son los viajeros y sus automóviles, siendo la oferta las vías.

Se encuentran en este sistema las bicicletas, motos, y automóviles en general.

#### **2.2.8.4.3 Transporte de carga**

El transporte de carga se programa y cotiza según acuerdos comerciales sean ellos formales o no. Dado que el movimiento de carga obedece a deseos y necesidades de periodicidad diversa, aun en aquellos casos de traslados repetitivos.

El transporte de carga responde a dos esquemas de trabajo: envío o reparto (traslado/distribución) y de acuerdo con ello se diseña su operación y los horarios de entrega.

### **2.2.8.5 Clasificación de los vehículos**

Según Cal y Mayor (2007), los vehículos se clasifican en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales.

“Los vehículos ligeros son vehículos de pasajeros y /o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camionetas, y las unidades ligeras de pasajeros y carga.

- Los vehículos pesados son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones.
- Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal. (Capítulo 5, p 83)

### **2.2.8.6 Número de carriles.**

#### **2.2.8.6.1 Ancho de las Calzadas**

Según lo descrito en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas esta característica está directamente relacionada con la clasificación funcional de la vía; también con la capacidad operacional necesaria para atender a la demanda vehicular; y, con el sentido de la circulación.

La determinación del número de carriles y consecuentemente del ancho de la calzada, en un principio, se define en los estudios de planificación de la red vial y de transporte urbano.

El número mínimo de carriles en una calzada con sentido único es lógicamente uno y el máximo sugerido es cuatro.

Este máximo es en realidad un criterio estrictamente referencial ya que en caso de que la demanda sugiera un mayor número de carriles.

#### 2.2.8.6.2 Ancho de Carriles

El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente de la clasificación de esta y de la velocidad de diseño adoptada, sin embargo, no siempre será posible que los diseños se efectúen según las condiciones ideales.

Dependiendo de la velocidad de diseño y de la clasificación vial, el ancho de los carriles, en tramos rectos, puede asumir los valores indicados en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Ancho de carriles según clasificación vial urbana*

<i>Clasificación de vías</i>	<i>Velocidad (km/hr)</i>	<i>ancho</i>	<i>Ancho mínimo de carril en pista normal (m)</i>
<i>LOCAL</i>	<i>30 a 40</i>	<i>3</i>	<i>2.75</i>
<i>COLECTORA</i>	<i>40 a 50</i>	<i>3.25</i>	<i>3</i>
	<i>50 a 60</i>	<i>3.3</i>	<i>3</i>
<i>ARTERIAL</i>	<i>60 a 70</i>	<i>3.5</i>	<i>3.25</i>
	<i>70 a 80</i>	<i>3.5</i>	<i>3.5</i>
<i>EXPRESAS</i>	<i>80 a 90</i>	<i>3.6</i>	<i>3.5</i>
	<i>90 a 100</i>	<i>3.6</i>	<i>3.5</i>

*Nota.* La tabla muestra los anchos mínimos de un carril por tipo de vía clasificada. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005, Capítulo 10.2

#### **Conteos o aforos vehiculares**

La recolección de datos se da mediante conteos o aforos vehiculares, con el fin de obtener los datos reales medidos en campo sobre el desplazamiento de vehículos

dentro de un sistema vial (cruce, intersección, vía, etc.), con la finalidad de entender su conducta en los diferentes giros y/o movimientos realizados.

### **Simulación de tráfico vehicular**

Según El HCM es un manual que publicó el National Research Council en Estados Unidos, por medio de Transportation Research Board (TRB), donde se indican diversos métodos para la estimación de la capacidad que posee una vía y así poder determinar el nivel de servicio en carreteras e intersecciones. (Núñez, y Villanueva 2014)

El manual HCM 2010, es el más usado en nuestro país, así como también en Latinoamérica, por ello es que la presente tesis lo utilizó como base y fundamento ante cualquier operación, tomando en cuenta también normativa peruana.

### **Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el número de vehículos que circulan por un punto de la intersección vial durante un intervalo de tiempo determinado, el cual puede variar desde 15 minutos hasta 01 año, dependiendo del criterio que se vaya a tomar el VHMD es el valor representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden dar durante un día en particular.

La capacidad y la demanda se concentran en la hora pico del volumen del tráfico, es decir cuando el volumen alcanza su máximo nivel, ya que representa el período más crítico para las operaciones y por ende tiene mayores requisitos de capacidad.

### **Factor horario de máxima demanda (FHMD)**

La ingeniería de tránsito le da un énfasis al volumen de vehículos que representa el tráfico de la hora punta, con respecto a la evaluación de la capacidad y

otros factores a tomar en cuenta, pues simboliza el período más crítico y nos indica por ende que el volumen de tráfico está en su más alto nivel.

Se llama FHMD a la relación existente entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el volumen máximo  $q_{m\acute{a}x}$  que se da en un periodo determinado dentro de la hora pico (el valor mayormente usado es 15 minutos), como se muestra en la siguiente ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * q_{15max}} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$q_{15max}$  = Volumen máximo durante 15 minutos de flujo (veh/ 15minutos)

### **Flujo de saturación (S)**

El flujo de saturación representa la tasa máxima del tráfico que se desplaza por un carril, que pasa por medio de la intersección bajo ciertas circunstancias predominantes del tránsito (volumen vehicular, ciclistas, paraderos, etc.) y la geometría de la vía (número y ancho de carriles, pendientes, semáforos, etc.)

Se tiene dos clases de flujo de saturación:

- Flujo de Saturación Básico ( $S_0$ )
- Flujo de Saturación Real (S)

## **2.2.9 Descripción Software de Simulación**

### **2.2.9.1 Synchro V.8**

El SYNCHRO V.8 es un software empleado para la simulación, optimización, administración y representación del gráfico de la zona en estudio y opera en base a los métodos del Manual de Capacidad de Carreteras 2010,

proporciona una solución fácil de usar para el análisis de capacidad en intersecciones y optimización de tiempos en dispositivos semafóricos de tránsito en una red vial, evitando la necesidad de hacer múltiples análisis.

Fue fundado bajo el nombre de Naztec en 1979 como una empresa de ingeniería y fabricación para la industria del transporte. En 2011, se fusionó con Naztec Trafficware, un desarrollador líder de software de simulación y optimización. La combinación de estas dos compañías permite una continuidad importante en la línea de productos, desde el modelado de aplicaciones para usuario y el diseño, hasta la implementación y control del sistema.

Este programa permite realizar un análisis de una red global de tráfico, pero al mismo tiempo se puede subdividir en subredes que interactúan entre sí y sobre las cuales el usuario tiene pleno control. (Trafficware, 2011)

Es conveniente presentar conceptos a tener en cuenta en cada plantilla que tiene el Programa:

## **PLANTILLA 1: LANE SETTINGS**

### **Flujo Saturado Ideal ( $S_0$ ) (Ideal Saturated Flow)**

Tal como lo indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es el índice de flujo saturado ideal para un solo carril. El HCM 2010 recomienda el uso de 1,900 vehículos por hora por carril para un área metropolitana con población mayor a 250,000.00 habitantes a más, de lo contrario considerar 1,750 vehículos por hora por carril.

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

Según Reyna (2015) indica que, es el factor que integra el impacto negativo de carriles angostos en la tasa de flujo de saturación, pero una tasa de flujo mayor en

carriles anchos. El ancho de carril estándar es de 3.6m, según lo indica Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), se considera la siguiente fórmula:

$$f_w = 1 + \frac{W-3.6}{9} \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

$W$  = ancho de carril (m)

Si:

$W \geq 2.4 \text{ m.}$ , analizar como un solo carril

$W \geq 4.8 \text{ m.}$ , analizar como dos carriles

### **Factor de ajuste por pendiente de acceso ( $f_g$ ):**

González, D., Rey, V. (2016) señala que, este factor incorpora el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos, ya sea liviano o pesado.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

$\% G$  = Porcentaje de pendiente del acceso

Consideraciones:

$-6 \leq \% G \leq +10$  Negativa en cuesta abajo (descensos)

### **Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles**

**( $f_P$ ):**

Según indica González, D., Rey, V. (2016), este factor reconoce el efecto de fricción en el acceso, referente al carril del estacionamiento al momento de estacionar.

Asimismo, toma en cuenta los bloqueos ocasionales que se puedan generar en un carril adyacente debido a las maniobras por estacionamiento se consideran un tiempo de 18 segundos aproximadamente. (HCM 2010 pág. 18-37)

$$f_P = N^{-0.1 - 18*(Nm/3600)} N \dots\dots\dots (5)$$

Dónde:

$N$  = Número de carriles del grupo / acceso

$Nm$  = Número de maniobras de estacionamiento por hora

Consideraciones:  $0 \leq Nm \leq 180$ ;  $fP \geq 0.050$

$fP = 1$ , cuando no hay estacionamientos

**Factor de ajuste por el tipo de área ( $fa$ ):**

Según Reyna (2015), es el factor que toma en cuenta la ineficiencia de las intersecciones cuando se encuentran en el centro de la ciudad, ya que se presentan características de un distrito central de negocios (CBD, Central Business District), las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, actividades de taxis y buses, pequeños radios de giro, alta actividad de peatones, etc.

Se tiene los siguientes factores según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

$fa = 0.9$  en CBD

$fa = 1$  en otras áreas

Dónde:

CBD = Distrito Central de Negocios (centro de la ciudad)

**Factor de ajuste por utilización de carriles ( $f_{LU}$ ) (Lane Utilization Factor)**

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el factor de utilización de carril determina cómo se distribuyen los volúmenes de tráfico asignados a un grupo de carril en cada carril. Un valor de uno indica una distribución igual en todos los carriles. Valores inferiores a uno, menor el índice de flujo de saturación, porque todos los carriles no funcionan a plena capacidad.

El Factor de utilización del carril se selecciona de los valores de la siguiente tabla.



**Tabla 8***Factor de ajuste por utilización de carriles*

<i>Movimiento del grupo de carriles</i>	<i>N° de carriles</i>	<i>Factor de ajuste por utilización de carriles</i>
<i>Compartido</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Compartido</i>	<i>2</i>	<i>0.95</i>
<i>Compartido</i>	<i>3</i>	<i>0.91</i>
<i>Compartido</i>	<i>4+</i>	<i>0.86</i>
<i>Izquierdo</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Izquierdo</i>	<i>2</i>	<i>0.97</i>
<i>Izquierdo</i>	<i>3+</i>	<i>0.94</i>
<i>Derecho</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Derecho</i>	<i>2</i>	<i>0.88</i>
<i>Derecho</i>	<i>3</i>	<i>0.76</i>

*Nota.* La tabla muestra los valores del factor de ajuste en función al número y sentido del movimiento del grupo de carriles de carriles. Fuente: Manual del software Synchro V.8, basado en el HCM 2010

#### **Factor de giro a la derecha ( $f_{RT}$ ) (Right Turn Factor)**

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el factor de giro a la derecha se usa para reducir la tasa de flujo de saturación según la proporción de giros a la derecha en el grupo de carriles y el tipo de carril que da vuelta a la derecha.

Se tiene las siguientes fórmulas según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

*Carril exclusivo:*  $f_{RT} = 0.85$

*Carril compartido:*  $f_{RT} = 1 - 0.15P_{RT}$

*Carril simple:*  $f_{RT} = 1 - 0.135P_{RT}$

Dónde:

$P_{RT}$  = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

$f_{RT} \geq 0.050$

#### **Factor de giro a la izquierda ( $f_{LT}$ ) (Left Turn Factor)**

Los factores de giro a la izquierda se aplican en la determinación del flujo de

saturación. Los valores predeterminados se calculan a partir de las fórmulas siguientes, pero el usuario puede anularlos. Según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007) el Factor de giro a la izquierda para carriles exclusivos es:

Fase Protegida:

*Carril exclusivo*:  $f_{LT} = 0.95$

$$\text{Carril compartido: } f_{LT} = \frac{1}{1+0.05 P_{LT}} \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

$P_{LT}$  = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

### **Factor de giro derecho de peatones y bicicletas ( $f_{Rpb}$ ) (Right Ped Bike Factor)**

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), este factor se calcula en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan el movimiento del giro a la derecha. El factor tiene en cuenta la cantidad de tiempo verde para los peatones y las bicicletas, así como el número de carriles de recepción aguas abajo.

### **Factor de giro izquierdo de peatones y bicicletas ( $f_{Lpb}$ ) (Left Ped Factor)**

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), este factor se calcula en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan los movimientos permitidos a la izquierda. El factor tiene en cuenta la cantidad de tiempo verde para los peatones y vehículos, la cantidad de tráfico en sentido contrario y el número de carriles de recepción en sentido descendente.

### **Flujo de Saturación ( $S$ ) (Saturated Flow Rate)**

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es la tasa de flujo máximo real para este grupo de carril después de ajustar para todos los factores de interferencia. Las Tasas de flujo saturadas representan la cantidad de carriles multiplicados por la Tasa de flujo saturada ideal y los factores de interferencia

causados por vehículos pesados, autobuses, maniobras de estacionamiento, anchos de carril, tipo de área, pendiente y movimientos de giro.

Las tasas de flujo saturado se utilizan en los cálculos de capacidad, retraso, y para los cálculos de optimización.

Según el HCM 2010, el índice de flujo de saturación se basa en:

$$S = S_0 * N * (f_w) * (f_{hv}) * (f_g) * (f_p) * (f_{bb}) * (f_a) * (f_{LU}) * (f_{LT}) * (f_{RT}) * (f_{Lpb}) * (f_{Rvb}) \quad \dots (7)$$

En donde:

$S$  = Flujo de saturación real del grupo de carriles (Veh/hora de verde).

$S_0$  = Flujo de saturación básico por carril

$N$  = Número de carriles

$f_w$  = Factor de ajuste por ancho de carriles.

$f_{hv}$  = Factor de ajuste por vehículos pesados.

$f_g$  = Factor de ajuste por pendiente de acceso.

$f_p$  = Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles.

$f_{bb}$  = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección.

$f_a$  = Factor de ajuste por el tipo de área.

$f_{LU}$  = Factor de ajuste por utilización de carriles.

$f_{LT}$  = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda.

$f_{RT}$  = Factor de ajuste por vueltas a la derecha.

$f_{Lpb}$  = Factor de ajuste de peatones que giran a la izquierda.

$f_{Rvb}$  = Factor de ajuste para los ciclistas que doblan a la derecha.

## **PLANTILLA 2: VOLUME SETTINGS**

### **Factor de ajuste por vehículos pesados ( $f_{HV}$ ) (Heavy Vehicles)**

Según señala Gonzáles, D., Rey, V. (2016), este factor toma en cuenta el

espacio adicional que se genera al encontrarse vehículos pesados con respecto a los vehículos livianos. Los valores de este factor se calculan mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

% HV = porcentaje de vehículos pesados del grupo

$E_T = 2.0$  Números de automóviles equivalentes a un camión

### **Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección**

#### **( $f_{BB}$ ) (Bus Blockages)**

Es aquel que incorpora el transporte público que se paran a dejar o recoger pasajeros hasta 75 m con respecto al cruce peatonal (corriente abajo o arriba). Según el HCM 2010 el tiempo promedio por cada parada de buses es de 14.4 segundos durante una indicación verde; por lo cual se entiende que este factor solo se usa cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico. (González, D., Rey, V. (2016)).

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * Nb}{3600}}{N} \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

$N$  = Número de carriles del grupo / acceso

$N_b$  = Número de buses que paran por hora

Consideraciones:  $0 \leq N_b \leq 180$ ;  $f_{bb} \geq 0.050$

### **PLANTILLA 3: TIMINGS SETTINGS**

#### **Tipo de Giro (Turn Type)**

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el Tipo de giro establece el nivel de protección de giro y asigna los números predeterminados de

fase y detector al carril de giro dedicado.

Los tipos de niveles de protección son los siguientes:

- 1. Permitido (Perm):** Los movimientos de giro a la derecha o izquierda no están protegidos y los vehículos deben ceder el paso al tránsito como a los peatones en el paso de ellos.
- 2. Protegido (Prot):** Los movimientos de giro a la izquierda o derecha están protegidos por una señal dedicada y el tráfico de giro solo se puede mover durante la indicación de la flecha de esta señal.
- 3. Permitido + Protegido (pm + pt):** Los movimientos de giro a la izquierda están protegidos durante la indicación de señal protegida (flecha) y se permiten durante la indicación de bola verde.
- 4. División (Split):** Izquierda y de frente comparten una sola fase protegida. Este tipo de ajuste de fase se usa comúnmente si un carril se comparte entre el tráfico izquierdo y de frente. La división por fases asegura que los carriles de giro a la izquierda compartidos estén protegidos y ofrezcan un mayor nivel de protección en comparación con los giros a la izquierda permitidos.
- 5. NA:** Sin fase seleccionada. Los giros a la izquierda están prohibidos.
- 6. Personalizado:** Se selecciona una combinación de fase de giro a la izquierda o derecha no estándar.
- 7. Superposición (Over):** Este tipo de giro muestra una flecha hacia la derecha con un movimiento de giro hacia la izquierda protegido en la calle que se cruza.

**8. Permitido + Protegido (pm + ov):** Este giro a la derecha muestra una flecha hacia la derecha con un giro compatible a la izquierda y una indicación de bola verde permitida con la fase directa.

**9. Protegido + superposición (pt + ov):** Este de giro a la derecha muestra una flecha hacia la derecha con el giro compatible hacia la izquierda y el movimiento hacia adelante asociado con el giro a la derecha.

**10. Libre:** Un movimiento de giro a la derecha libre rinde a los peatones y no se le asigna una fase de señal.

### **Retardo de control (Control Delay)**

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), En Synchro, los retardos de control se usan para analizar los efectos de coordinación, actuación y congestión. El retardo de control es el componente de la demora causada por el dispositivo de control en sentido descendente y no incluye el retardo de la cola.

### **Demora de cola (Queue Delay)**

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es un análisis de los efectos de las colas y el bloqueo en enlaces cortos y bahías de corto alcance. Analiza la interacción con otras intersecciones.

### **Demora total (Total Delay)**

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), la demora total es el retardo de control del grupo de carril más el retardo de cola.

### **Nivel de Servicio (Level of Service)**

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el nivel de servicio (LOS) para el grupo de carriles se calcula tomando el retardo de intersección señalizado y convirtiéndolo en una letra, entre A y F, en función de la duración de la

demora.

Para las intersecciones señalizadas, el Nivel de servicio para la intersección se calcula tomando el Retardo de intersección total y convirtiéndolo a un nivel (A - F) de acuerdo a la Tabla siguiente:

**Tabla 9**

*Clasificación del Nivel de Servicio según demora*

Nivel de Servicio	Características de la operación	Demora (s)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen	$\leq 10$
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. Empiezan a notarse la influencia de	$>20-35$
D	congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorables 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 frecuentes. El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los	$>55-80$
F	valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores a 1 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos semafóricos largos	$>80$

*Nota.* La tabla muestra la clasificación del nivel de servicio según las características de operación vehicular. Fuente: Manual del software Synchro V.8, basado en el HCM 2010.

## 2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

### 2.3.1 Glosario y Términos.

- **HCM:** “Highway Capacity Manual” por sus siglas en inglés. Refiere a la metodología del manual de capacidad de carreteras.
- **FHWA:** “Federal Highway Administration” por sus siglas en inglés refiere La Administración Federal de Carreteras-EE.UU.

- **NIVEL DE SERVICIO (NdS):** Medida cualitativa que describe condiciones de operación de flujo vehicular, según el HCM, pueden ser A, B, C, D, E y F. denominado también como **LOS** /Level of Service), por sus siglas en inglés.
- **ROTONDA-OVALO-GLORIETA:** Entendemos como rotonda, ovalo y/o Glorieta a un tipo especial de intersección circular, que se caracteriza por la manera en que se tratan los tramos que confluyen en él, ya que se comunican a través de una calzada anular en la que se establece una circulación giratoria alrededor de una isleta central.
- **INTERSECCIÓN:** Es la confluencia de varias vías, por las que el tráfico se mueve en diversas direcciones. Las intersecciones de mucho movimiento están reguladas por un “semáforo”.
- **INTERSECCIONES A NIVEL:** Se denomina como intersección a nivel, al área que es compartida por dos o más caminos y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta. (Highways & Streets, 2001).
- **INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS:** Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos y peatones en las vías, asignando el derecho de paso de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por un aparato electrónico de control de tráfico (SEDESOL, 2008).
- **INTERSECCIONES A DESNIVEL:** Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y



condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad. (Manual de Diseño Geométrico MTC DG-2018, sección 503)

- **COLA:** También denominada fila o línea de espera cuando se genera cuando los usuarios (vehículos) llegan a una intersección con semáforos, la prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo. (Cal y Mayor 2007).

## CAPITULO III

### MARCO METODOLOGICO

#### 3.1. HIPOTESIS

##### 3.1.1. Hipótesis General:

Mediante el uso de Synchro V. 8, la evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares del óvalo Cuzco-Tacna 2019 y realización de una simulación de paso a desnivel N-S, serán significativos.

##### 3.1.2. Hipótesis Específicas:

- a. El grado de saturación en el Ovalo Cuzco 2019 es altamente congestionado debido a la demanda vehicular existente.
- b. En las intersecciones de la Av. Cuzco y Av. Municipal con el óvalo Cuzco se generan los mayores flujos vehiculares.
- c. Mediante un modelo de micro simulación utilizando Synchro V.8 se podrá caracterizar de manera óptima los aspectos de geometría actual y su comportamiento con volúmenes actuales o proyectados.

#### 3.2. VARIABLES

##### 3.2.1. Identificación de la Variable Independiente

Flujo vehicular

##### 3.1.2.1. Indicadores

- Geometría Actual del Ovalo
- Capacidad de la infraestructura vial del Ovalo
- Flujo de tráfico actual en el Ovalo.

##### 3.1.2.2. Escala de medición

- Flujo Vehicular: Veh/hora.

### **3.2.2. Identificación de la Variable Dependiente.**

Nivel de servicio.

#### **3.2.2.1 Indicadores**

- Velocidad y tiempo de recorrido
- Tiempos de colas.
- Demoras.
- Libertad de maniobras.
- Comodidad de Conducción.

#### **3.2.2.2 Escala de medición**

- Nivel de servicio: A, B, C, D, E, y F.

### **3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de Investigación Cuantitativa Correlacional por cuanto existe el Enfoque Inferencial, Enfoque Experimental y el Enfoque de Simulación.

### **3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación hace referencia los niveles Descriptivo -Correlacional mostrando cada aspecto del sistema de transporte existente y relacionándolo con la capacidad y nivel de servicio para dar solución al problema planteado, la metodología a emplear es la de HCM 2010.

### **3.5. ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.5.1. Ámbito Social**

Las fichas de observación (aforos vehiculares) se realizarán en el óvalo Cuzco de la Ciudad de Tacna, así como las avenidas que confluyen en el óvalo.

#### **3.5.2. Tiempo Social.**

El tiempo corresponde al año 2019, durante los meses de octubre.

### **3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.6.1. Unidad de Estudio**

La investigación comprende el óvalo Cuzco y las intersecciones que confluyen siendo la Avenida Municipal (Sur), Avenida Cuzco (Norte), Avenida Circunvalación y el Paso a desnivel Existente (Sentido Este-Oeste) y la Avenida Collpa (Sentido Sur Este y Sur Oeste); determinando la geometría, el número de vehículos, tipo de vehículo, peatones, tiempos etc.

##### **3.6.1.1 Población**

Para la presente investigación se considera como población muestral al flujo vehicular que circula por el óvalo Cuzco durante dos días laborables de la semana (martes y viernes) y un día no laborable, siendo la población de referencia el flujo vehicular o tráfico que se genera en la zona.

##### **3.6.1.2 Muestra**

La muestra de referencia fue el flujo vehicular que se genera en una hora pico, muestra que considera principalmente los 18 sentidos de giro, que se generan en el tránsito vehicular por el óvalo Cuzco.

Para de identificar y verificar los volúmenes de mayor flujo en los carriles de la intersección en estudio, se realizó un muestreo de 6 horas por día, en horas pico, cada 15 minutos y aforando, en las mañanas entre las 7:00 am a 9:00 am, en las tardes entre las 12:00 pm a 2:00 pm y en las noches entre las 6:00 pm a 8:00 pm, tomando en consideración en el conteo, los sentidos de los giros de los vehículos en cada intersección.

La muestra está conformada por unidades de transporte liviano y pesado que tienen características propias, los mismos que transitan por el óvalo Cuzco y las

arterias que confluyen, siendo la Avenida Municipal (Sur), Avenida Cuzco (Norte), Avenida Circunvalación (Sentido Este-Oeste) y la Avenida Collpa (Sentido Sur Este y Sur Oeste).

### **3.7. PROCEDIMIENTO, TECNICAS E INSTRUMENTOS**

#### **3.7.1. Procedimiento**

Considerando que la recolección de datos es un conjunto de mecanismos, medios y sistemas con el fin, recolectar, conservar, elaborar y transmitir los datos. En la presente investigación se ha aplicado el procedimiento del conteo de los flujos vehiculares cada 15 minutos durante tres días (dos días de la semana laborables y un día no laborable), tomando en consideración el sentido de los flujos vehiculares, siendo registrados según el tipo de vehículo.

Para este objetivo se ha considerado puntos de control de flujos vehiculares en todas las intersecciones de las seis vías de ingreso con el óvalo Cuzco.

#### **3.7.2. Técnicas**

- Formatos de conteo de flujo vehicular, así como instrumentos de filmación mediante cámaras ubicadas en puntos estratégicos para poder visualizar y registrar el paso de los vehículos por el ovalo Cuzco en todos los sentidos.
- El procedimiento de la metodología propuesta será a base de la observación de los videos debidamente clasificados por el lugar, fecha y hora y posterior visualización y registro direccional del paso de los vehículos por las diferentes intersecciones del ovalo Cuzco, para el llenado de los formatos de aforo Vehicular.

### **3.7.3. Instrumentos**

Para la obtención de datos necesarios para el desarrollo de la investigación, como es la geometría actual del ovalo Cuzco, secciones de accesos, pendientes de ingreso y salida etc., fue necesario efectuar un levantamiento topográfico contando para ello entre otros con una Estación Total.

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Estación Total
- Cronómetros.
- Cámaras Fotográficas.
- Filmadoras

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

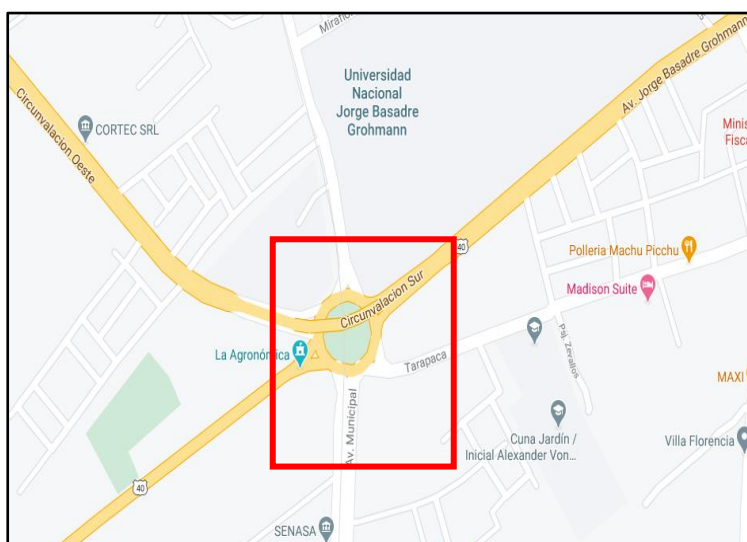
#### 4.1. DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO

##### 4.1.1. Ubicación

El lugar de estudio es la intersección vial de la Av. Cuzco con la Av. Municipal, en el distrito de Tacna, Provincia y Región Tacna.

#### Figura 4

*Ubicación de la zona de estudio*



*Nota.* La figura muestra la ubicación del óvalo Cuzco, entre los distritos de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa. Fuente: Google Maps 2020

A la intersección confluyen seis accesos de entrada que son los siguientes:

- **Noreste:** Comprende el tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann (Av. Circunvalación Este) hacia el Ovalo Cuzco
- **Noroeste:** Comprende el tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann (Av. Circunvalación Oeste) hacia el Ovalo Cuzco
- **Suroeste:** Comprende el tramo de la Av. Collpa Oeste hacia el Ovalo Cuzco
- **Sureste:** Comprende el tramo de la Av. Collpa Este (antes Av. Tarapacá) hacia el

Ovalo Cuzco
















- **Norte:** Comprende el tramo de la Av. Cuzco desde el centro de Tacna hasta el Ovalo Cuzco
- **Sur:** Comprende el tramo de la Av. Municipal desde el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa hasta el Ovalo Cuzco

#### 4.1.2. Zonificación

La Figura 5 señala la clasificación de uso del suelo que utiliza la Municipalidad Provincial de Tacna en el Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025. Seguidamente, la Figura 6 pertenece a la zona de estudio, clasificada según el Tabla de leyendas expuesto en la siguiente figura.

#### Figura 5

*Clasificación de Uso de suelos según MPT.*

ZONIFICACION	
ZONIFICACION PDU 2015	
NM_USO_SUE	
	AREA AFECTADA VIAS
	RESIDENCIAL BAJA DENSIDAD
	RESIDENCIAL MEDIA DENSIDAD
	RESIDENCIAL ALTA DENSIDAD
	COMERCIO
	SERVICIOS PUBLICOS COMPLEMENTARIOS EDUCACION
	ZONA DE RECREACION PUBLICA
	SERVICIOS PUBLICOS COMPLEMENTARIOS SALUD
	INDUSTRIA
	VIVIENDA TALLER
	NO URBANIZABLE
	OTROS USOS
	PECUARIO
	ZONA AGRICOLA
	ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL

*Nota.* La figura muestra la zonificación general mediante codificación de colores. Fuente: Plano de Zonificación - Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025.



## Figura 6

### Zonificación de la zona de estudio



Nota. La figura muestra la zonificación del área de estudio donde predomina la zona de servicios públicos complementarios de educación. Fuente: Plano de Zonificación - Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025.

Tal y como delimita la Municipalidad Provincial de Tacna, la zona de estudio comprende zonas como:

- Zona de Servicios Públicos Complementarios Educación (Leyenda: color azul), en jerarquía por la ubicación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en la intersección de la Av. Cuzco con la Av. Jorge Basadre Grohmann Sur (Av. Circunvalación Este u Oeste) y la Av. Collpa (antes Av. Tarapacá)
- Zona Residencial Alta Densidad (Leyenda: color naranja) en segundo nivel de preponderancia, destinada a los lotes que se encuentran en la intersección de la Av. Collpa (Av. Tarapacá) con la Av. Municipal.
- Zona de Otros Usos (Leyenda: color gris), en tercer nivel de proporción, donde se ubica la Gasolinera en la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann (Av. Circunvalación - Oeste) con la Av. Collpa y también se ubica la Agronómica en la intersección de la Av. Municipal con la Av. Collpa.

- Zona Comercial (Leyenda: color fucsia), son zonas específicas dentro de la zona de estudio destinadas a lotes que se encuentran en la Av. Jorge Basadre Grohmann Sur (Av. Circunvalación- Este)
- Zona Residencial Media Densidad (Leyenda: color amarillo), siendo zonas específicas dentro de la zona de estudio destinada a los lotes que se encuentran en la intersección de la Av. Collpa (Av. Tarapacá) y en la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann Sur (Av. Circunvalación Este)
- Y, por último, la Zona Recreación Publica (Leyenda: color Verde), que representa El Ovalo Cuzco la cual va en medio del recorrido que conecta la Av. Cuzco, Av. Municipal, Av. Jorge Basadre Grohmann (Av. Circunvalación Este u Oeste), Av. Collpa y Av. Tarapacá.

De acuerdo con el análisis del Uso de suelos, se determina la presencia de equipamiento de educación en mayores proporciones dentro de la zona de estudio, lo cual ha causado el incremento significativo del flujo vehicular, ya sea particular como público, y, por ende, ha provocado un impacto vial no previsto o proyectado por las gestiones municipales, que se ve reflejado en la saturación o colapso de vías en horas pico.

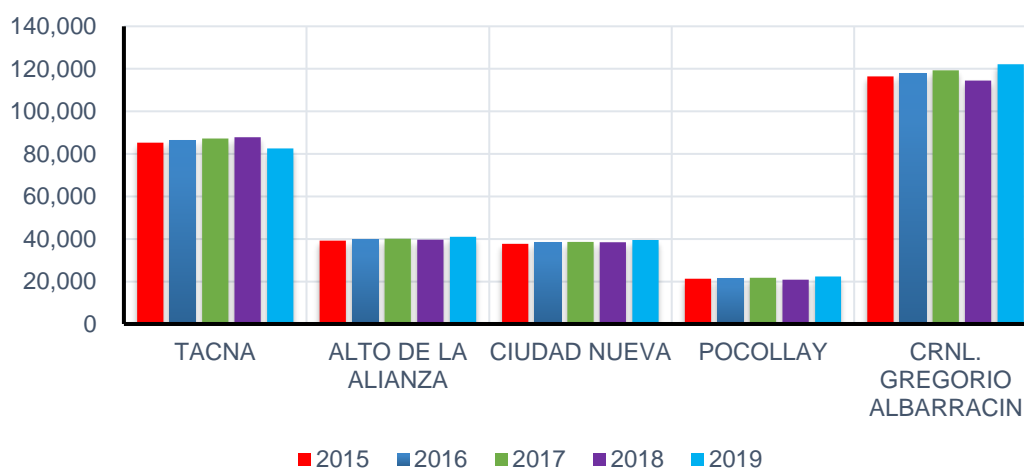
#### **4.1.3. Crecimiento Población de Tacna**

Como se observa en el Tabla 10, la población de la ciudad de Tacna aumenta progresiva y aceleradamente, lo cual nos indica que las Avenidas en estudio deberían estar en condiciones óptimas para poder ser transitadas y así satisfacer correctamente la necesidad de los habitantes por movilizarse de un lugar a otro de manera eficaz.

**Tabla 10***Crecimiento Poblacional por distritos de la Ciudad Tacna*

<i>DISTRITO</i>	<i>POBLACIÓN POR AÑOS</i>					
	<i>AÑOS</i>	2015	2016	2017	2018	2019
<i>TACNA</i>		85,228	86,267	87,286	87,766	82,498
<i>ALTO DE LA ALIANZA</i>		39,180	39,659	40,128	39,579	41,076
<i>CIUDAD NUEVA</i>		37,671	38,131	38,582	38,456	39,490
<i>POCOLLAY</i>		21,278	21,538	21,793	20,880	22,308
<i>CRNL GREGORIO ALBARRACIN</i>		116,497	117,920	119,315	114,485	122,124
<i>TOTAL</i>		299,854	303,515	307,104	301,166	307,496

*Nota.* La tabla muestra la población por distritos, se observa que Gregorio Albarracín Lanchipa concentra la mayor población distrital. Fuente: INEI - Censos nacionales de Población y Vivienda 2015 y 2019

**Figura 7***Tendencias de Crecimiento Población de la ciudad de Tacna 2015 – 2019*

*Nota.* La figura muestra que la tendencia de mayor crecimiento poblacional por distritos corresponde al distrito CGAL. Fuente: INEI, Censos Nacionales de Población y Vivienda 2015 y 2019.

#### 4.1.4. Infraestructura Vial - Ejes de desarrollo y sistema vial

Los Ejes de Desarrollo constituyen lugares o espacios físicos donde se concentran o pueden concentrarse actividades urbanas (comerciales, de servicios,

político – administrativos, culturales, recreativas o de equipamiento urbano en general) de nivel metropolitano o distrital, permitiendo:

- Proveer de servicios, comercio y equipamiento urbano de modo organizado a la ciudad.
- Contribuir a descongestionar el Área Central de la ciudad.
- Articular los diferentes sectores y actividades urbanas.

El Sistema Vial, es el sistema urbano sobre el que se basan los ejes de desarrollo, que interrelacionan en forma longitudinal y transversal, los diferentes sectores de la ciudad, así como sus principales actividades y equipamientos urbanos.

El Sistema Vial incluye el conjunto de la red vial urbana y regional.

Se plantea el reforzamiento de ejes ya establecidos sobre todo en el sentido del eje Norte-Sur, mediante la concepción de una red vial que permita articular las diferentes actividades urbanas y los ejes de desarrollo, es decir a la ciudad en toda su extensión.

Los principales ejes de desarrollo del Modelo que corresponden al distrito Cnel. Gregorio Albarracín Lanchipa son los siguientes:

- **Vías transversales, eje Este – Oeste.** Son aquellas que articulan las unidades territoriales 3 y 4. La propuesta recoge la consolidación de los ejes de desarrollo a través de la propuesta vial y de zonificación permitiendo que las actividades comerciales que existen en la actualidad hacia el norte de la av. Bolognesi se expandan hacia el sur; siendo Avenida Pinto, Avenida Patricio Meléndez y Avenida Cuzco-Municipal.
- **Vía Circunvalación.** Se convierte en el único anillo vial que permite articular la totalidad de las unidades territoriales de la ciudad logrando desconcentrar las actividades mixtas que se desarrollan en la unidad territorial 1.

#### 4.1.5. Parque Automotor de Tacna

Según señala el Ministerio Transportes y Comunicaciones el Parque

Automotor en circulación del departamento de Tacna para el año 2019 es de 53,271 vehículos.

**Tabla 11** *Parque Automotor en Circunvalación a Nivel Nacional, según Departamento, 2011-2019*

<i>Departamento</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
<i>Lima 1/</i>	<i>1 287</i>	<i>1 395</i>	<i>1 498</i>	<i>1 590</i>	<i>1 674</i>	<i>1 752</i>	<i>1 837</i>	<i>1 908</i>	<i>1 982</i>
	<i>454</i>	<i>576</i>	<i>037</i>	<i>755</i>	<i>145</i>	<i>919</i>	<i>347</i>	<i>672</i>	<i>650</i>
<i>Loreto</i>	<i>5 211</i>	<i>5 313</i>	<i>5 443</i>	<i>5 533</i>	<i>5 501</i>	<i>5 501</i>	<i>5 489</i>	<i>5 477</i>	<i>5 486</i>
<i>Madre de Dios</i>	<i>1 027</i>	<i>1 062</i>	<i>1 123</i>	<i>1 136</i>	<i>1 161</i>	<i>1 223</i>	<i>1 308</i>	<i>1 383</i>	<i>1 405</i>
<i>Moquegua</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>14</i>
	<i>003</i>	<i>608</i>	<i>944</i>	<i>979</i>	<i>931</i>	<i>931</i>	<i>887</i>	<i>810</i>	<i>691</i>
<i>Pasco</i>	<i>7 292</i>	<i>7 238</i>	<i>7 018</i>	<i>6 956</i>	<i>6 804</i>	<i>6 804</i>	<i>6 660</i>	<i>6 545</i>	<i>6 441</i>
	<i>39</i>	<i>42</i>	<i>46</i>	<i>49</i>	<i>52</i>	<i>55</i>	<i>57</i>	<i>60</i>	<i>62</i>
<i>Piura</i>	<i>099</i>	<i>404</i>	<i>029</i>	<i>576</i>	<i>390</i>	<i>060</i>	<i>740</i>	<i>006</i>	<i>419</i>
	<i>31</i>	<i>40</i>	<i>43</i>	<i>45</i>	<i>46</i>	<i>47</i>	<i>49</i>	<i>51</i>	<i>52</i>
<i>Puno</i>	<i>074</i>	<i>543</i>	<i>477</i>	<i>056</i>	<i>200</i>	<i>696</i>	<i>387</i>	<i>041</i>	<i>689</i>
<i>San</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
<i>Martin</i>	<i>418</i>	<i>926</i>	<i>271</i>	<i>648</i>	<i>047</i>	<i>358</i>	<i>669</i>	<i>052</i>	<i>491</i>
<b><i>Tacna</i></b>	<b><i>42</i></b>	<b><i>44</i></b>	<b><i>45</i></b>	<b><i>47</i></b>	<b><i>48</i></b>	<b><i>49</i></b>	<b><i>50</i></b>	<b><i>52</i></b>	<b><i>53</i></b>
	<i>318</i>	<i>430</i>	<i>960</i>	<i>180</i>	<i>201</i>	<i>382</i>	<i>858</i>	<i>161</i>	<i>271</i>
<i>Tumbes</i>	<i>3 119</i>	<i>3 257</i>	<i>3 320</i>	<i>3 372</i>	<i>3 415</i>	<i>3 451</i>	<i>3 423</i>	<i>3 375</i>	<i>3 313</i>
<i>Ucayali</i>	<i>7 679</i>	<i>7 987</i>	<i>8 316</i>	<i>8 745</i>	<i>9 052</i>	<i>9 310</i>	<i>9 608</i>	<i>9 918</i>	<i>10</i> <i>310</i>

*Nota.* En la tabla se resalta el crecimiento del parque automotor del departamento de Tacna.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones.2019, Parque automotor nacional

#### 4.1.6. Características Geométricas de la Intersección Vial

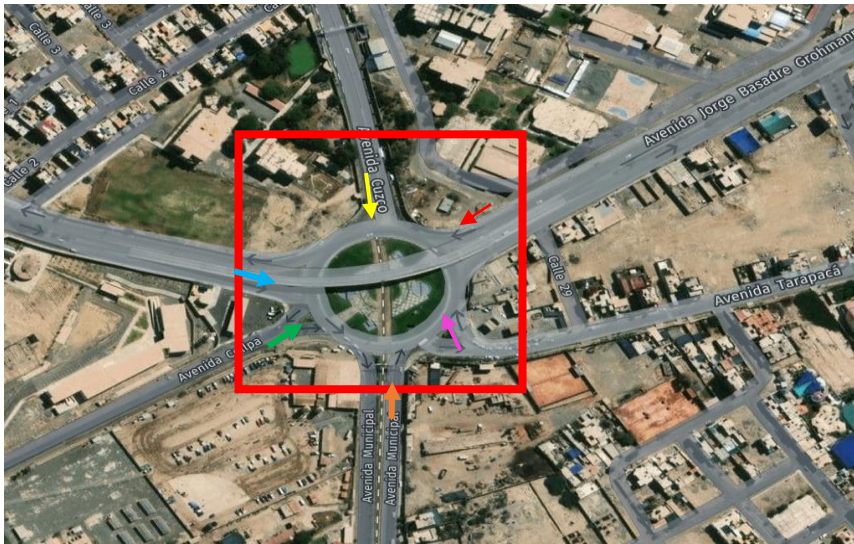
El fin de definir las características geométricas que determinan las vías urbanas que confluyen en la intersección vial de la Av. Cuzco con la Av. Municipal, es saber la condición de cada vía en la intersección, la situación actual en la que todos sus elementos se encuentran, por ejemplo: las veredas, calzadas, bermas, señalización horizontal y vertical, etc. Posteriormente detalladas las características viales se

procede con las mediciones de la infraestructura vial en mención, la intersección vial está integrada por seis accesos, cada uno con sus carriles respectivos, que se muestran a continuación:

- **Noreste:** 2 carriles de ingreso al Ovalo Cuzco (Av. Circunvalación Este - Av. Jorge Basadre Grohmann) representado por una flecha color rojo.
- **Noroeste:** 2 carriles de ingreso al Ovalo (Av. Circunvalación Oeste - Av. Jorge Basadre Grohmann) representado por una flecha color celeste.
- **Suroeste:** 2 carriles de ingreso al Ovalo Cuzco (Av. Collpa – antes Av. Tarapacá), representado por una flecha color verde
- **Sureste:** 2 carriles de ingreso al Ovalo Cuzco (Av. Collpa - antes Av. Tarapacá), representado por una flecha color fucsia.
- **Norte:** 2 carriles de ingreso al Ovalo Cuzco (Av. Cuzco), representado por una flecha color amarillo.
- **Sur:** 2 carriles de ingreso al Ovalo Cuzco (Av. Municipal), representado por una flecha color naranja.

### Figura 8

*Vista de acceso al Ovalo Cuzco*



Nota. Se señalan los seis accesos al Ovalo Cuzco. Fuente: Google Earth 2020, Elaboración propia

Siendo la zona de estudio el Ovalo Cuzco donde confluyen seis accesos tanto de ingreso y salida, y considerando la propuesta de solución que es el paso a desnivel

en el sentido N-S , las avenidas comprendidas en dicha propuesta , son la Av. Cuzco (Tacna cercado) y la Av. Municipal, (Gregorio Albarracín Lanchipa) , por lo tanto detallaremos las características geométricas de estas vías, utilizando los datos medidos en campo, así como fuentes provenientes de la Municipalidad Provincial de Tacna y Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa, como también los Software Google Earth y Google Maps.

#### **4.1.6.1. Acceso Norte: (Avenida Cuzco)**

La geometría que corresponde a la Avenida Cuzco tiene una sección vial de 24.96 m, contando con dos vías de 7.20 m cada una; observando que corresponden tanto al ingreso y salida del Ovalo Cuzco, considerando además la vía férrea de 4.26 m; veredas de 1.80 m en ambos lados para uso peatonal, así como una berma central de 0.90 m. Lo cual se representa en la Figura 10.

Asimismo, se observa que su pavimento se encuentra en estado regular ya que presenta algunos baches a lo largo de la vía y no cuenta con señalización horizontal y vertical de tránsito vehicular y peatonal.

### **Figura 9**

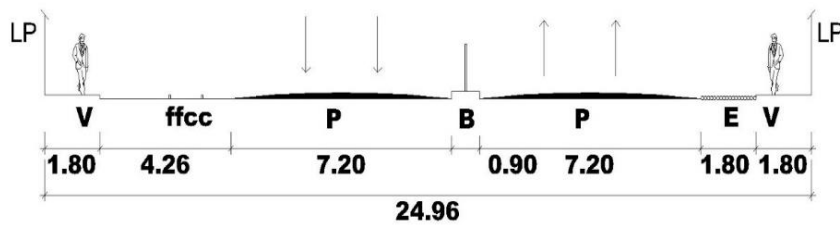
*Acceso Norte (Av. Cuzco)*



*Nota.* Se observa en la figura la línea férrea existente. Fuente: Elaboración propia

**Figura 10**

*Sección Vial del Acceso Norte (Av. Cuzco)*



Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de la pendiente de la vía, se utilizó el programa Google Earth, trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, como lo muestra la Figura 11, como se muestra en el perfil se observa que el terreno presenta una ligera inclinación en bajada, siendo del orden de -2.00 %.

**Figura 11**

*Pendiente promedio del Acceso Norte (Av. Cuzco)*



Nota. Se observa en la figura el trazo que corresponde al perfil mostrado. Fuente: Google Earth 2020, elaboración propia



#### 4.1.6.2. Acceso Sur :( Avenida Municipal)

La geometría que corresponde a la Av. Municipal tiene una sección vial de 35.60 m, contando con dos vías de 7.20 m. Cada una; observando que corresponden tanto al ingreso y salida del Ovalo Cuzco, considerando además la vía férrea de 5.60 m; veredas de 1.80 m en ambos lados para uso peatonal, así como una Alameda Central de 3.00 m para uso peatonal y un ciclo vía de 3.00 m a un costado de la alameda Central lo cual se representa en la Figura 13.

Asimismo, se observa que su pavimento se encuentra en estado regular ya que presenta algunos baches a lo largo de la vía y no cuenta con señalización horizontal y vertical de tránsito vehicular y peatonal.

**Figura 12**

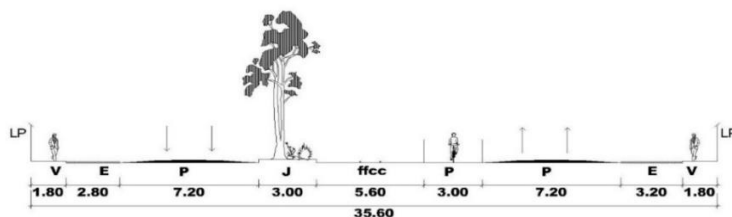
*Acceso Sur (Av. Municipal)*



*Nota.* La figura muestra la zona del ingreso principal al distrito de CGAL. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 13**

*Sección Vial del Acceso Sur (Av. Municipal)*



Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de la pendiente de la vía, se utilizó el programa Google Earth, -2020 trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, como lo muestra la Figura 14, como se muestra en el perfil se observa que el terreno presenta una ligera inclinación en subida, siendo del orden de 2.00%.

**Figura 14**

*Pendiente promedio del Acceso Sur (Av. Municipal)*



*Nota.* Se observa en la figura el trazo que corresponde al perfil mostrado Fuente: Google Earth 2020, elaboración propia.

## 4.2. DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.2.1. Aforo Vehicular

Como se ha mencionado en el Cap. III (3.7.2 Técnicas de recolección de datos) para la elección de los días del aforo vehicular, se observó durante una semana los días donde existen mayor congestionamiento vehicular, correspondiendo a los días martes y viernes de 7.00 a 9.00 a.m. de cada semana, por cuanto en los mencionados días y horas, los pobladores del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa se trasladan

masivamente hacia su centro laboral y centros educativos utilizando vehículos de servicio de transporte público y privado; sumado a esto en los citados días se instala la Feria de venta de ropa usada (Mercado Cenepa) que constituye un centro atractor, movilizandoy congregando también gran cantidad de gente por concurrir a realizar sus compras. De los videos clasificados se realizó la visualización de los mismos y posterior registro direccional del paso de los vehículos por las diferentes intersecciones del ovalo Cuzco, en los formatos de aforo Vehicular., siendo el viernes 25- octubre-2019, sábado 26- octubre-2019 y martes 29-octubre-2019.

Los días de conteo se realizaron en intervalos de 2 horas por la mañana, 2 horas por la tarde y 2 horas por la noche, agrupados en intervalos de 15 minutos respectivamente, considerándose que lo que se quería lograr era obtener la hora pico o la hora más crítica del día en análisis para luego poder hacer una comparación de los 3 días, evaluando también que día era el más crítico al tener un volumen de tránsito mayor. El horario fue el siguiente: Por la mañana de 07:00 a.m. – 09:00 a.m., por la tarde de 12:00 p.m. – 14:00 p.m., y en la noche de 18:00 p.m. – 20:00 p.m., tal como establece el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas.

## Figura 15

### *Ubicación de las estaciones de Videocámaras*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12**  
*Aforo vehicular día 1*

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION		DIA 1																		TRAMO DE VIA		
SENTIDO		N-S																		Ovalo Cusco		
UBICACIÓN		Ovalo Cusco																		Viernes		
																				FECHA		
																				25/10/2019		
HORA	MOTO BICI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
		PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
07:00-07:15	13.00	367.00	157.00	69.00	23.00	13.00	54.00	13.00	0.00	5.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	704
07:15-07:30	25.00	409.00	176.00	77.00	26.00	27.00	57.00	14.00	0.00	13.00	0.00	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	808
07:30-07:45	22.00	464.00	199.00	88.00	29.00	30.00	58.00	15.00	0.00	13.00	0.00	12.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	910
07:45-08:00	37.00	463.00	198.00	88.00	29.00	49.00	62.00	15.00	0.00	25.00	0.00	12.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	942
08:00-08:15	27.00	378.00	162.00	71.00	24.00	21.00	56.00	14.00	0.00	9.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	738
08:15-08:30	20.00	347.00	149.00	65.00	22.00	16.00	56.00	14.00	0.00	11.00	0.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	690
08:30-08:45	10.00	309.00	133.00	58.00	20.00	9.00	53.00	13.00	0.00	6.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	609
08:45-09:00	8.00	290.00	124.00	55.00	18.00	13.00	53.00	13.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	568
12:00-12:15	9.00	227.00	98.00	43.00	14.00	6.00	43.00	11.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	446
12:15-12:30	12.00	232.00	99.00	44.00	15.00	11.00	46.00	12.00	0.00	6.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	471
12:30-12:45	14.00	265.00	114.00	50.00	17.00	10.00	46.00	11.00	0.00	6.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	521
12:45-13:00	27.00	252.00	108.00	48.00	16.00	19.00	50.00	12.00	0.00	13.00	1.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	527
13:00-13:15	12.00	223.00	95.00	42.00	14.00	10.00	46.00	12.00	0.00	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	449
13:15-13:30	13.00	195.00	83.00	37.00	12.00	8.00	44.00	11.00	0.00	10.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	405
13:30-13:45	13.00	174.00	74.00	33.00	11.00	11.00	45.00	11.00	0.00	5.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	368
13:45-14:00	14.00	150.00	65.00	28.00	10.00	8.29	50.00	12.00	0.00	4.00	1.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.29
18:00-18:15	2.00	240.00	103.00	46.00	15.00	9.00	48.00	12.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	474
18:15-18:30	10.00	277.00	119.00	52.00	18.00	14.00	50.00	13.00	0.00	6.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	551
18:30-18:45	14.00	282.00	121.00	53.00	18.00	18.00	50.00	12.00	0.00	2.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	559
18:45-19:00	26.00	283.00	121.00	53.00	18.00	40.00	54.00	13.00	0.00	13.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	599
19:00-19:15	7.00	328.00	140.00	62.00	21.00	9.00	54.00	13.00	0.00	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	632
19:15-19:30	18.00	331.00	142.00	63.00	21.00	14.00	49.00	12.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	642
19:30-19:45	7.00	320.00	137.00	61.00	20.00	12.00	49.00	12.00	0.00	7.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	621
19:45-20:00	5.00	343.00	147.00	64.00	22.00	3.00	49.00	12.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	644
TOTALES	365	7149	3064	1350	453	380	1222	302	0	176	8	96	8	1	0	0	0	0	0	0	0	2030

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 13**  
*Aforo vehicular día 2*

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION		DIA 3		TRAMO DE VIA		Ovalo Cusco																
SENTIDO		N-S		DIA		Martes																
UBICACIÓN		Ovalo Cusco		FECHA		26/10/2019																
HORA	MOTO BICI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07:00-07:15	14.00	335.00	143.00	63.00	21.00	11.00	48.00	12.00	0.00	3.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	638
07:15-07:30	25.00	360.00	155.00	68.00	23.00	17.00	52.00	13.00	0.00	17.00	3.00	9.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	719
07:30-07:45	26.00	412.00	176.00	78.00	26.00	31.00	55.00	14.00	0.00	18.00	1.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	819
07:45-08:00	27.00	419.00	179.00	79.00	27.00	33.00	56.00	14.00	0.00	18.00	0.00	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835
08:00-08:15	22.00	323.00	139.00	61.00	21.00	22.00	49.00	12.00	0.00	9.00	1.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	646
08:15-08:30	20.00	314.00	134.00	59.00	20.00	21.00	49.00	12.00	0.00	9.00	1.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	627
08:30-08:45	10.00	279.00	120.00	52.00	18.00	14.00	48.00	12.00	0.00	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	554
08:45-09:00	4.00	267.00	115.00	50.00	17.00	11.00	50.00	13.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	524
12:00-12:15	11.00	206.00	88.00	39.00	13.00	2.00	38.00	10.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	398
12:15-12:30	12.00	208.00	89.00	40.00	13.00	8.00	41.00	10.00	0.00	6.00	1.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	421
12:30-12:45	16.00	239.00	102.00	45.00	15.00	12.00	41.00	10.00	0.00	6.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	475
12:45-13:00	21.00	227.00	98.00	43.00	14.00	17.00	55.00	14.00	0.00	11.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	484
13:00-13:15	16.00	200.00	86.00	37.00	13.00	10.00	34.00	8.00	0.00	9.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	403
13:15-13:30	15.00	170.00	73.00	32.00	11.00	7.00	35.00	9.00	0.00	12.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	353
13:30-13:45	11.00	149.00	64.00	28.00	10.00	11.00	41.00	10.00	0.00	7.00	1.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	326
13:45-14:00	9.00	132.00	57.00	25.00	8.00	7.00	38.00	10.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	282.00
18:00-18:15	15.00	217.00	93.00	41.00	14.00	7.00	44.00	11.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	431
18:15-18:30	17.00	252.00	108.00	47.00	16.00	11.00	46.00	11.00	0.00	5.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	499
18:30-18:45	20.00	253.00	109.00	48.00	16.00	17.00	46.00	11.00	0.00	13.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	516
18:45-19:00	12.00	255.00	110.00	48.00	16.00	10.00	48.00	12.00	0.00	10.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	514
19:00-19:15	9.00	295.00	127.00	56.00	19.00	12.00	50.00	13.00	0.00	6.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	580
19:15-19:30	11.00	294.00	126.00	55.00	19.00	8.00	47.00	12.00	0.00	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	572
19:30-19:45	4.00	277.00	119.00	52.00	18.00	7.00	45.00	11.00	0.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	538
19:45-20:00	4.00	301.00	129.00	57.00	19.00	5.00	43.00	11.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	567
<b>TOTALES</b>	<b>351</b>	<b>6384</b>	<b>2739</b>	<b>1203</b>	<b>407</b>	<b>311</b>	<b>1099</b>	<b>275</b>	<b>0</b>	<b>185</b>	<b>17</b>	<b>95</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1817</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 14**  
*Aforo vehicular día 3*

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION		DIA 2		TRAMO DE VIA		Ovalo Cusco																	
SENTIDO		N-S		DIA		Martes																	
UBICACIÓN		Ovalo Cusco		FECHA		29/10/2019																	
HORA	MOTO BICI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
07:00-07:15	3.00	343.00	147.00	64.00	22.00	2.00	54.00	13.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	648
07:15-07:30	14.00	391.00	167.00	74.00	25.00	10.00	55.00	14.00	0.00	10.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	752
07:30-07:45	30.00	454.00	194.00	85.00	29.00	16.00	55.00	14.00	0.00	11.00	0.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	866
07:45-08:00	23.00	454.00	195.00	85.00	29.00	25.00	56.00	14.00	0.00	13.00	0.00	7.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	881
08:00-08:15	13.00	382.00	164.00	72.00	24.00	18.00	56.00	14.00	0.00	13.00	0.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	748
08:15-08:30	11.00	328.00	140.00	62.00	21.00	11.00	54.00	13.00	0.00	11.00	0.00	7.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	649
08:30-08:45	10.00	283.00	122.00	54.00	18.00	7.00	55.00	14.00	0.00	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	560
08:45-09:00	4.00	308.00	132.00	58.00	20.00	6.00	54.00	14.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	593
12:00-12:15	1.00	212.00	91.00	40.00	13.00	0.00	42.00	11.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	410
12:15-12:30	8.00	246.00	105.00	46.00	16.00	4.00	46.00	11.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	478
12:30-12:45	29.00	260.00	112.00	49.00	17.00	20.00	51.00	13.00	0.00	11.00	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	537
12:45-13:00	25.00	255.00	109.00	48.00	16.00	6.00	50.00	12.00	0.00	15.00	1.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	517
13:00-13:15	14.00	219.00	94.00	41.00	14.00	3.00	47.00	12.00	0.00	8.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	439
13:15-13:30	8.00	208.00	89.00	39.00	13.00	6.00	43.00	11.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	413
13:30-13:45	1.00	183.00	79.00	34.00	12.00	3.00	44.00	11.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	368
13:45-14:00	2.00	162.00	69.00	31.00	10.00	0.00	47.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	332.00
18:00-18:15	4.00	224.00	96.00	43.00	14.00	0.00	45.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	433
18:15-18:30	10.00	269.00	116.00	51.00	17.00	1.00	46.00	12.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	514
18:30-18:45	18.00	279.00	120.00	52.00	18.00	9.00	50.00	12.00	0.00	9.00	4.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	556
18:45-19:00	16.00	278.00	119.00	52.00	18.00	12.00	54.00	13.00	0.00	9.00	4.00	6.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	569
19:00-19:15	17.00	332.00	143.00	63.00	21.00	2.00	50.00	13.00	0.00	5.00	1.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	633
19:15-19:30	1.00	316.00	135.00	60.00	20.00	4.00	47.00	12.00	0.00	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	601
19:30-19:45	1.00	311.00	133.00	58.00	20.00	2.00	45.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	580
19:45-20:00	0.00	331.00	142.00	62.00	21.00	3.00	49.00	12.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	622
TOTALES	263	7028	3013	1323	448	170	1195	299	0	139	15	50	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1957

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Conteo de Flujos Direccionales

A continuación, se presenta los aforos de giros efectuados en las diferentes intersecciones del Ovalo Cuzco, en donde se muestran los volúmenes totales por accesos y direcciones de los vehículos.

**Figura 16**

*Sentido de flujo vehicular Sur-Norte (Av. Municipal)*



Fuente: *Elaboración Propia*

**Tabla 15**

*Aforo vehicular del Giro 1 (Av. Municipal - Av. Collpa Este)*

Giro 1												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		25									25	
07:15-07:30	1	28									29	
07:30-07:45	1	26			1						28	
07:45-08:00	3	24	2		1						30	112
08:00-08:15	1	22			1						24	111
08:15-08:30		21									21	103
08:30-08:45	1	16									17	92
08:45-09:00		12									12	74
TOTAL	7	174	2		3						186	492
%	3.8%	93.5%	1.1%		1.6%						100.0%	

Fuente: *Elaboración Propia*

**Tabla 16***Aforo vehicular del Giro 2 (Av. Municipal - Av. Circunvala. Este)*

Giro 2												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		64	1				2				67	
07:15-07:30	1	62			1		1				65	
07:30-07:45	4	77	5		2		3				91	
07:45-08:00	3	81	2		2		1				89	312
08:00-08:15	4	59	1								64	309
08:15-08:30	3	56			1						60	304
08:30-08:45	2	58					1				61	274
08:45-09:00	1	43	2								46	231
TOTAL	18	500	11		6		8				543	1,430
%	3.3%	92.1%	2.0%		1.1%		1.5%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 17***Aforo vehicular del Giro 3 (Av. Municipal - Av. Cuzco)*

Giro 3												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	9	79	5	37							130	
07:15-07:30	7	88	7	38	1						141	
07:30-07:45	6	95	8	40	2						151	
07:45-08:00	5	102	12	42	1						162	584
08:00-08:15	8	85	6	38							137	591
08:15-08:30	5	79	4	36							124	574
08:30-08:45	3	74	2	35	1						115	538
08:45-09:00	4	62	2	35							103	479
TOTAL	47	664	46	301	5						1,063	2,766
%	4.4%	62.5%	4.3%	28.3%	0.5%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 18***Aforo vehicular del Giro 4 (Av. Municipal - Circunvalación Oeste)*

Giro 4												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		13									13	
07:15-07:30	1	19			1		1				22	
07:30-07:45	2	16	1		2		1				22	
07:45-08:00		21			1		1				23	80
08:00-08:15	1	15									16	83
08:15-08:30	2	12									14	75
08:30-08:45		8					1				9	62
08:45-09:00		13									13	52
TOTAL	6	117	1		4		4				132	352
%	4.5%	88.6%	0.8%		3.0%		3.0%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 17**

*Sentido de Flujo vehicular Norte - Sur (Av. Cuzco)*



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19**

*Aforo vehicular del Giro 5 (Av. Cuzco - Circunvalación Oeste)*

Giro 4												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		11									11	
07:15-07:30	1	8									9	
07:30-07:45		17			1						18	
07:45-08:00	1	15	2		1						19	57
08:00-08:15	1	12									13	59
08:15-08:30		9	1		1						11	61
08:30-08:45		7									7	50
08:45-09:00		8									8	39
TOTAL	3	87	3		3						96	266
%	3.1%	90.6%	3.1%		3.1%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 20** *Aforo vehicular del Giro 6 (Av. Cuzco - Av. Collpa Este)*

Giro 6												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		13			1						14	
07:15-07:30	1	17	2		1						21	
07:30-07:45		25			2						27	
07:45-08:00	2	32	2		2						38	100
08:00-08:15	1	28	1		1						31	117
08:15-08:30		19									19	115
08:30-08:45		21									21	109
08:45-09:00		13									13	84
TOTAL	4	168	5		7						184	525
%	2.2%	91.3%	2.7%		3.8%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21***Aforo vehicular del Giro 7 (Av. Cuzco - Av. Municipal)*

Giro 7												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	3	89	3	28							123	
07:15-07:30	5	95	6	30	1						137	
07:30-07:45	3	108	4	32							147	
07:45-08:00	4	115	4	33	1						157	564
08:00-08:15	3	76	3	31							113	554
08:15-08:30	2	73	4	32							111	528
08:30-08:45	2	68	3	30							103	484
08:45-09:00	1	71	5	31							108	435
TOTAL	23	695	32	247	2						999	2,565
%	2.3%	69.6%	3.2%	24.7%	0.2%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 18***Sentido del Flujo vehicular E-O (Av. Circunvalación Este)*

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 22***Aforo vehicular del Giro 8 (Av. Circunvalación Este - Av. Cuzco)*

Giro 4												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		8									8	
07:15-07:30		13	1								14	
07:30-07:45	1	19									20	
07:45-08:00	3	16	2								21	63
08:00-08:15	1	12									13	68
08:15-08:30		9									9	63
08:30-08:45		7	1								8	51
08:45-09:00		11									11	41
TOTAL	5	95	4								104	286
%	4.8%	91.3%	3.8%								100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 23**

*Aforo vehicular del Giro 9 (Av. Circunvala. Este - Av. Circunvala. Oeste)*

Giro 9												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		66									66	
07:15-07:30	2	72	2	1	2		2				81	
07:30-07:45		63	5		1		1				70	
07:45-08:00	2	70	6	1	2		1				82	299
08:00-08:15	1	65	3								69	302
08:15-08:30		59	2		2		1				64	285
08:30-08:45		51			3		1				55	270
08:45-09:00		51	1								52	240
TOTAL	5	497	19	2	10		6				539	1,396
%	0.9%	92.2%	3.5%	0.4%	1.9%		1.1%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 24**

*Aforo vehicular del Giro 10 (Av. Circunvalación Este - Av. Municipal)*

Giro 10												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		36	1								37	
07:15-07:30	1	38	1								40	
07:30-07:45		42	2				1				45	
07:45-08:00	1	37	3		1		1				43	165
08:00-08:15		22									22	150
08:15-08:30	1	28					1				30	140
08:30-08:45	1	19					1				21	116
08:45-09:00		21									21	94
TOTAL	4	243	7		1		4				259	665
%	1.5%	93.8%	2.7%		0.4%		1.5%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 19**

*Sentido de Flujo vehicular SE- Oeste (Av. Collpa Este)*



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 25***Aforo vehicular del Giro 11 (Av. Collpa Este - Av. Cuzco)*

Giro 11												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		55	2		1						58	
07:15-07:30		51	3								54	
07:30-07:45	1	68	2								71	
07:45-08:00	1	62	3		2						68	251
08:00-08:15		71	2		1						74	267
08:15-08:30		64	2								66	279
08:30-08:45		53	1								54	262
08:45-09:00		48									48	242
TOTAL	2	472	15		4						493	1,301
%	0.4%	95.7%	3.0%		0.8%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 26***Aforo vehicular del Giro 12 (Av. Collpa Este - Av. Circunvalación Oeste)*

Giro 12												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	1	18									19	
07:15-07:30	2	26			2		1				31	
07:30-07:45	1	31	1		1		1				35	
07:45-08:00	2	28	3		2		1				36	121
08:00-08:15	1	28			1						30	132
08:15-08:30	2	34			2						38	139
08:30-08:45		21	1				1				23	127
08:45-09:00		28			1						29	120
TOTAL	9	214	5		9		4				241	639
%	3.7%	88.8%	2.1%		3.7%		1.7%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 20***Sentido de Flujo vehicular SO - Este (Av. Collpa Oeste)*

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 27***Aforo vehicular del Giro 13 (Av. Collpa Oeste - Av. Municipal)*

Giro 13												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		13									13	
07:15-07:30		19									19	
07:30-07:45	1	15	1				1				18	
07:45-08:00	2	13	2		2		2				21	71
08:00-08:15	2	14	1		1						18	76
08:15-08:30	1	9			1						11	68
08:30-08:45		13									13	63
08:45-09:00		8									8	50
TOTAL	6	104	4		4		3				121	328
%	5.0%	86.0%	3.3%		3.3%		2.5%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 28***Aforo vehicular del Giro 14 (Av. Collpa Oeste - Av. Collpa Este)*

Giro 14												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		9		2							11	
07:15-07:30	1	15	1	2			1				20	
07:30-07:45	2	21		1							24	
07:45-08:00	3	15	1	1	1		1				22	77
08:00-08:15	1	11		1	1		1				15	81
08:15-08:30	2	13		2			1				18	79
08:30-08:45		9		1							10	65
08:45-09:00	1	12									13	56
TOTAL	10	105	2	10	2		4				133	358
%	7.5%	78.9%	1.5%	7.5%	1.5%		3.0%				100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29***Aforo vehicular del Giro 15 (Av. Collpa Oeste - Circunvalación Oeste)*

Giro 15												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		73			1						74	
07:15-07:30	1	84	1		2		1		1		90	
07:30-07:45		92					2		2		96	
07:45-08:00	2	89	2		2		1		1		97	357
08:00-08:15		68	1		1				1		71	354
08:15-08:30	2	66	2		1		3		2		76	340
08:30-08:45	1	72			1		1				75	319
08:45-09:00		53	1						1		55	277
TOTAL	6	597	7		8		8		8		634	1,647
%	0.9%	94.2%	1.1%		1.3%		1.3%		1.3%		100.0%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 30***Flujo vehicular del Giro 16 (Av. Collpa Oeste - Av. Cuzco)*

Giro 16												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		11			1						12	
07:15-07:30		9	1								10	
07:30-07:45		14									14	
07:45-08:00	1	12	1		1						15	51
08:00-08:15		10	1								11	50
08:15-08:30		8	1		1						10	50
08:30-08:45		6			1						7	43
08:45-09:00		9									9	37
TOTAL	1	79	4		4						88	231
%	1.1%	89.8%	4.5%		4.5%						100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 21***Sentido de Flujo vehicular Oeste - Este (Av. Circunvalación Oeste)*

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 31***Aforo vehicular del Giro 17 (Av. Circunvalación Oeste - Av. Municipal)*

Giro 17												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		18	1		1						20	
07:15-07:30	1	26	2				1				30	
07:30-07:45		30					1				31	
07:45-08:00	2	29	1		1		1				34	115
08:00-08:15	2	18	2		1						23	118
08:15-08:30		12					1				13	101
08:30-08:45		8	1				2				11	81
08:45-09:00	1	13	2								16	63
TOTAL	6	154	9		3		6				178	478
%	6.8%	175.0%	10.2%		3.4%		6.8%				202.3%	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 32***Aforo vehicular del Giro 18 (Av. Circunvalación Oeste - Av. Collpa Este)*

Giro 18												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15		15					1				16	
07:15-07:30		18			2						20	
07:30-07:45		21	1		1		1				24	
07:45-08:00		17	1		2		2				22	82
08:00-08:15		19			1		1				21	87
08:15-08:30		12			2		1				15	82
08:30-08:45		9									9	67
08:45-09:00		11									11	56
TOTAL		122	2		8		6				138	374
%		138.6%	2.3%		9.1%		6.8%				156.8%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 33***Determinación de la hora pico - Turno Mañana (25-Oct-2019)*

Giros 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	13	616	13	67	5		3				717	
07:15-07:30	25	688	27	71	13		8		1		833	
07:30-07:45	22	780	30	73	13		12		2		932	
07:45-08:00	37	778	49	77	25		12		1		979	3,461
08:00-08:15	27	635	21	70	9		2		1		765	3,509
08:15-08:30	20	583	16	70	11		8		2		710	3,386
08:30-08:45	10	520	9	66	6		8				619	3,073
08:45-09:00	8	487	13	66	1				1		576	2,670
<b>TOTAL</b>	162	5,087	178	560	83		53		8		6,131	16,099
%	2.6%	83.0%	2.9%	9.1%	1.4%		0.9%		0.1%		100.0%	

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 34***Determinación de la hora pico - Turno mañana (26-Oct-2019)*

Giros 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	14	562	11	60	3	1	1				652	
07:15-07:30	25	606	17	65	17	3	9		2		744	
07:30-07:45	26	692	31	69	18	1	7		1		845	
07:45-08:00	27	704	33	70	18		9		1		862	3,103
08:00-08:15	22	544	22	61	9	1	9				668	3,119
08:15-08:30	20	527	21	61	9	1	7		1		647	3,022
08:30-08:45	10	469	14	60	5		6				564	2,741
08:45-09:00	4	449	11	63	1						528	2,407
<b>TOTAL</b>	148	4,553	160	509	80	7	48		5		5,510	14,392
%	2.7%	82.6%	2.9%	9.2%	1.5%	0.1%	0.9%		0.1%		100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35***Determinación de la hora pico - Turno Mañana (29 - Oct -2019)*

Giros 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18												
Hora	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	TOTAL 15min	TOTAL HORA
07:00-07:15	3	576	2	67	1		2				651	
07:15-07:30	14	657	10	69	10		6				766	
07:30-07:45	30	762	16	69	11		7		1		896	
07:45-08:00	23	763	25	70	13		7		3		904	3,217
08:00-08:15	13	642	18	70	13		4		1		761	3,327
08:15-08:30	11	551	11	67	11		7		2		660	3,221
08:30-08:45	10	477	7	69	5		2				570	2,895
08:45-09:00	4	518	6	68	1						597	2,588
<b>TOTAL</b>	<b>108</b>	<b>4,946</b>	<b>95</b>	<b>549</b>	<b>65</b>		<b>35</b>		<b>7</b>		<b>5,805</b>	<b>15,248</b>
<b>%</b>	<b>1.9%</b>	<b>85.2%</b>	<b>1.6%</b>	<b>9.5%</b>	<b>1.1%</b>		<b>0.6%</b>		<b>0.1%</b>		<b>100.0%</b>	

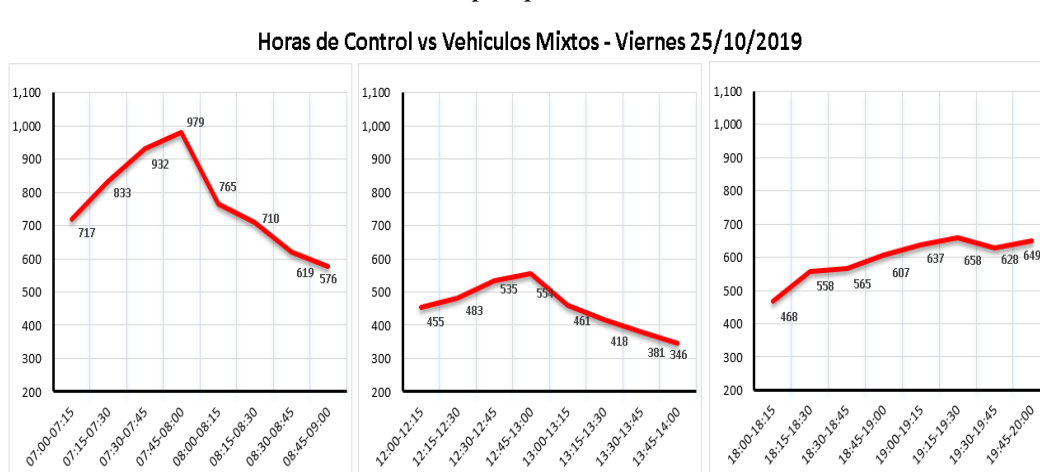
Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3. Conteos Vehiculares en Horas Pico

En seguida, se presentan las figuras “Horas de control vs Vehículos Mixtos” para cada día respectivamente, donde se muestra una curva la cual representa la variación de volúmenes vehiculares mixtos agrupados en periodos de 15 minutos en el transcurso del día, distinguiéndose los tres intervalos de tiempo (mañana, tarde y noche).

**Figura 22**

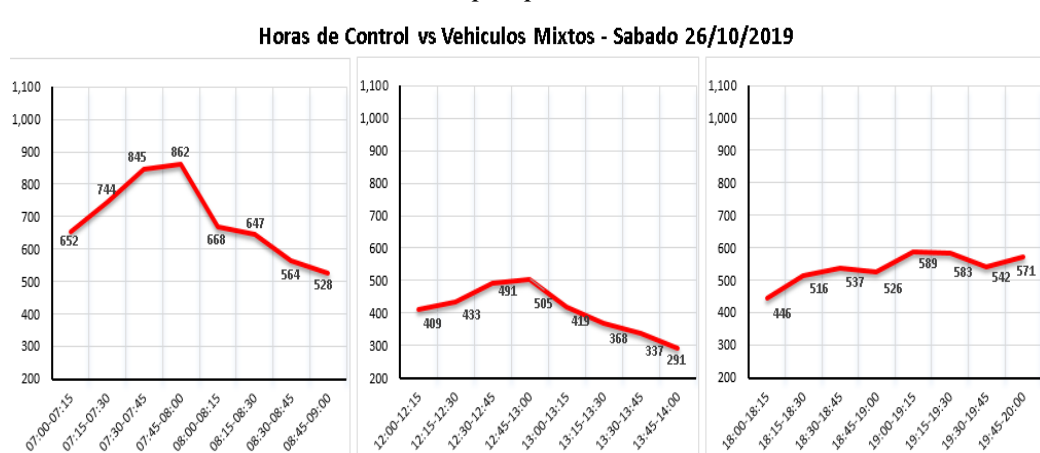
*Variación de volúmenes vehiculares por periodos de 15 minutos del día 25/10/2019*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 23**

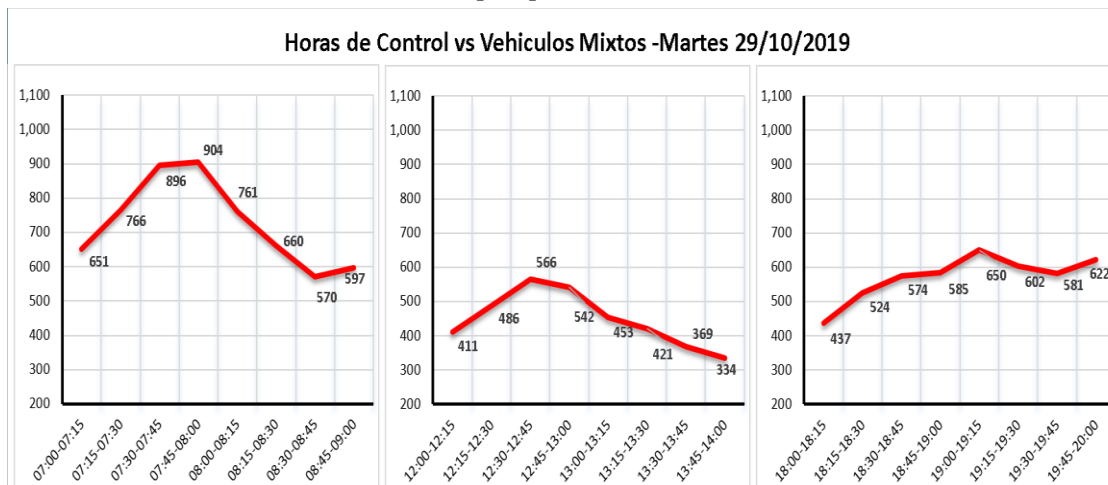
*Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día 26/10/2019*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 24**

*Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día 29/10/2019*



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4. Selección de Hora Pico

Basados en el total de vehículos por hora que se muestra en las figuras anteriores, se tiene que la hora pico por día fue:

- Viernes 25/10/2019: De 07:15 a 08:15 a.m. con un total de 3 509 veh/h. (Ver Tabla 33)
- Sábado 26/10/2019: De 07:15 a 08:15 a.m. con un total de 3 119 veh/h. (Ver Tabla 34)
- Martes 29/10/2019: De 07:15 a 08:15 a.m. con un total de 3 327 veh/h. (Ver Tabla 35)

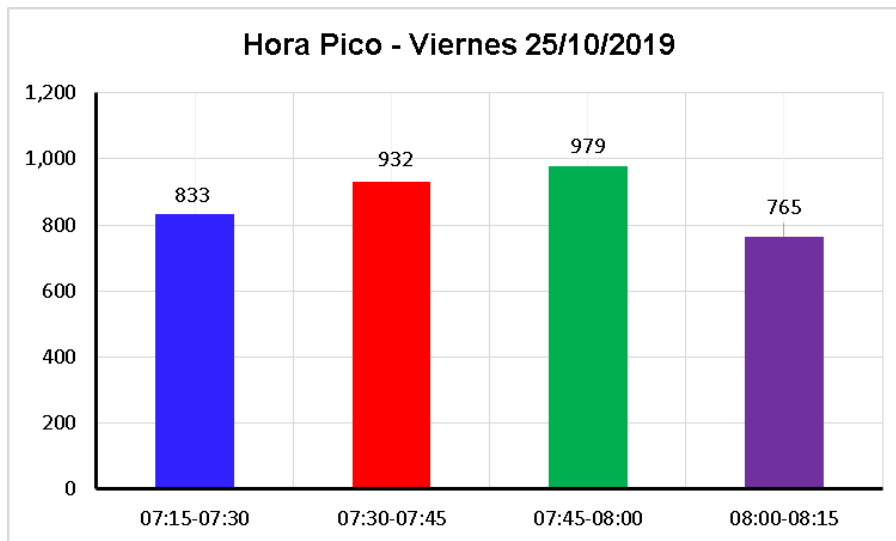
Después de seleccionar la hora más crítica, se trató de representar la variación del volumen vehicular dentro de esa hora, para ello se usó un comparativo de barras, donde se puede ver con mayor facilidad los 15 minutos más cargados en comparación con el resto de los días.

Se puede observar en las siguientes figuras que la barra de color verde

representa el  $q_{\text{máx}}$  de la hora pico de cada día, es decir los 15 minutos con más demanda vehicular, correspondiendo la barra de color rojo al segundo lugar, seguido por la barra de color azul y finalmente la barra de color morado nos indica los 15 minutos de menor demanda vehicular.

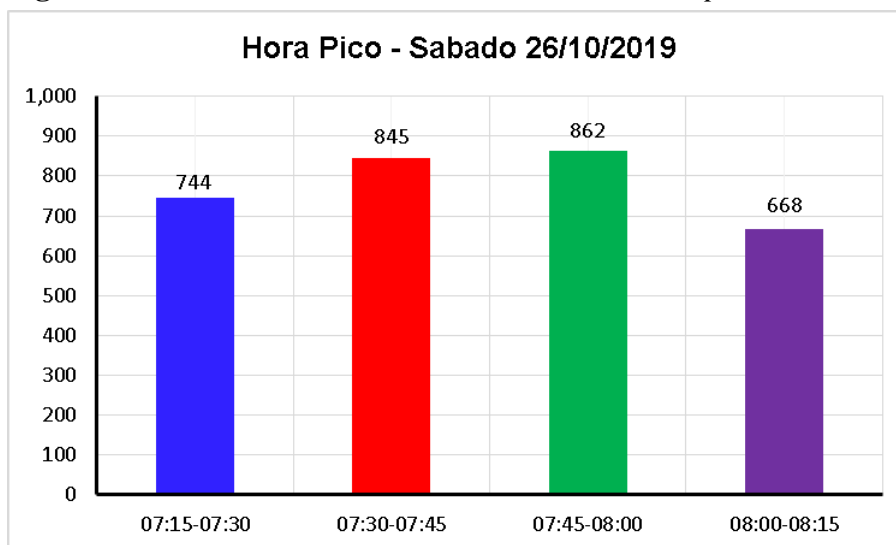
**Figura 25**

*Variación de volumen vehicular en la hora pico del 25/10/2019*



Fuente: Elaboración Propia

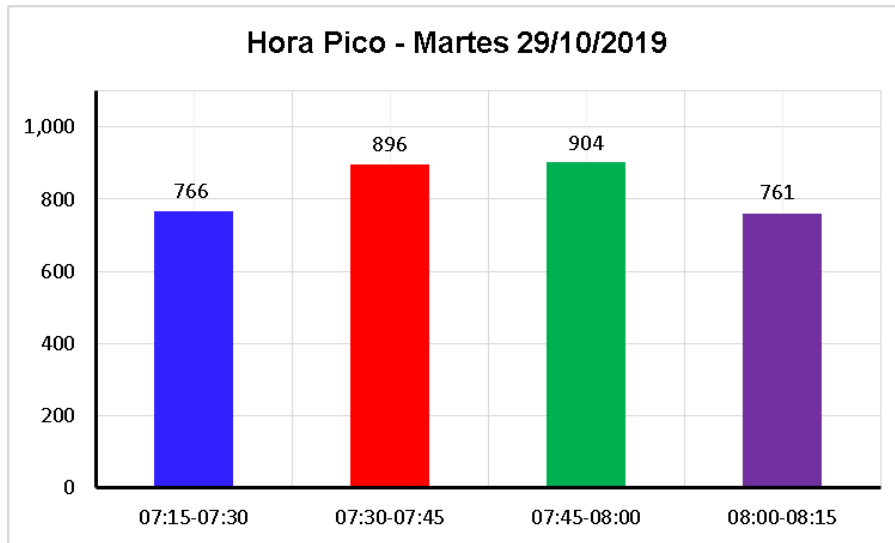
**Figura 26** *Variación de volumen vehicular en la hora pico del 26/10/2019*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 27**

*Variación de volumen vehicular en la hora pico del 29/10/2019*

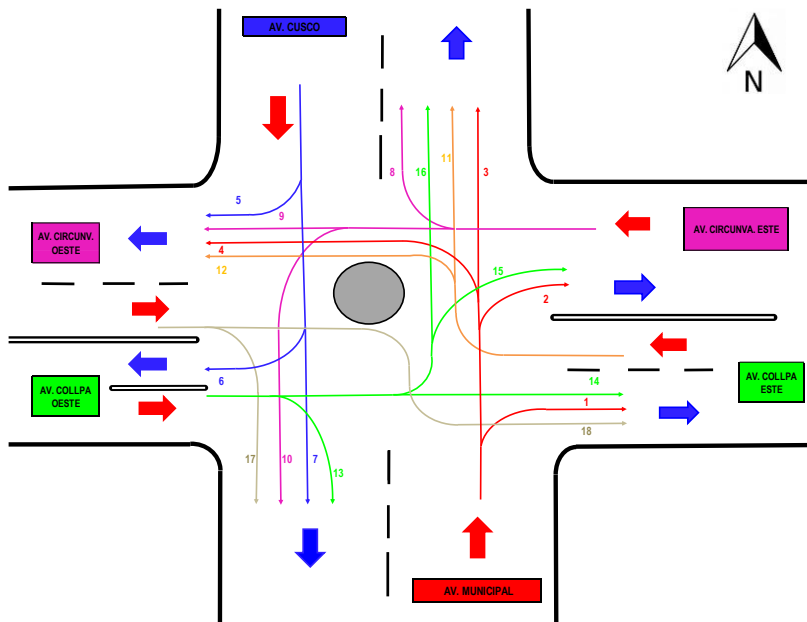


Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.5. Análisis de la hora Pico**

Posteriormente a la toma de los conteos vehiculares y a la identificación de la hora pico se comenzó a procesar y analizar los datos obtenidos para así poder plasmar el número de vehículos mixtos totales y las magnitudes por cada clase de vehículo.

Asimismo, cada tipo de vehículo se agrupó según el giro codificado que le correspondía (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18) con el propósito de obtener el total de vehículos mixtos por cada movimiento identificado y permitido en cada acceso, para un mejor entendimiento se muestra la Figura 28.

**Figura 28***Movimientos identificados en cada acceso*

Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificado el día y la hora pico (viernes 25 de octubre del 2019 de 7:15 a 8:15 a.m.) pertenecientes a las intersecciones viales con sus respectivos movimientos, se hizo la sumatoria por cada giro (como se observa en el Tabla 36) con el objetivo de hallar los 15 min más críticos por cada grupo de giros en las diferentes sentidos y direcciones.

**Tabla 36***Volumen máximo de vehículos durante 15 minutos de flujo vehicular*

MOVIMIENTO	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	G-11	G-12	G-13	G-14	G-15	G-16	G-17	G-18
07:15-07:30	29	65	141	22	9	21	137	14	81	40	54	31	19	20	90	10	30	20
	257				167			135			85		139			68		
07:30-07:45	28	91	151	22	18	27	147	20	70	45	71	35	18	24	96	14	31	24
	292				192			135			106		152			71		
07:45-08:00	30	89	162	23	19	38	157	21	82	43	68	36	21	22	97	15	34	22
	304				214			146			104		155			80		
08:00-08:15	24	64	137	16	13	31	113	13	69	22	74	30	18	15	71	11	23	21
	241				157			104			104		115			44		

Fuente: Elaboración Propia.

Al seleccionar los 15 minutos más críticos por cada acceso, nos permitió encontrar el peor escenario a presentarse, ya que era el comportamiento vehicular más complicado que se podría presentar; por ende, al simular que este conjunto de vehículos tiene una circulación constante durante toda la hora (multiplicando el  $q_{m\acute{a}x}$  por 4) generando la hora más crítica que se podría dar en la intersección vial, tal como se puede observar en el Tabla 37.

**Tabla 37**

*Total de Vehículos por hora en condición más crítica.*

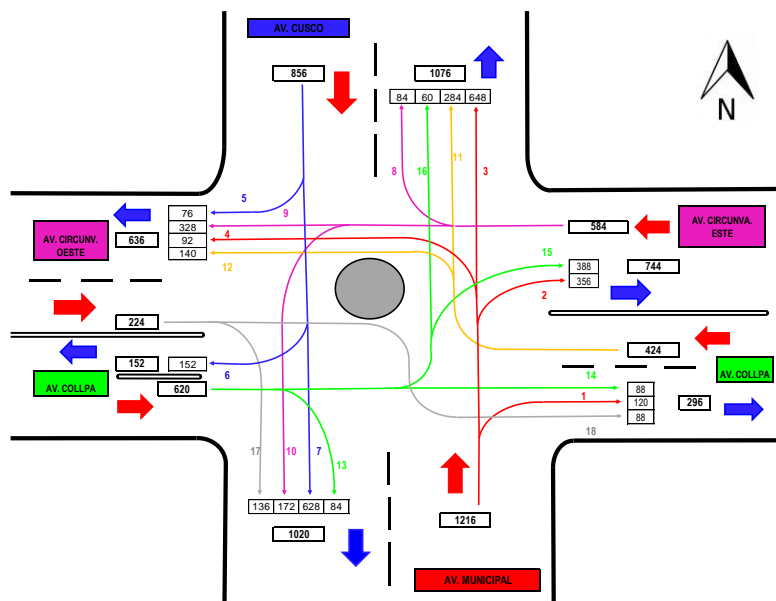
MOVIMIENTO	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	G-11	G-12	G-13	G-14	G-15	G-16	G-17	G-18
Veh/h	120	356	648	92	76	152	628	84	328	172	284	140	84	88	388	60	136	88
Total, Veh/h	1216				856			584			424		620			224		

Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos mencionados en el Tabla 37, del Volumen total de Vehículos por Acceso y Giro se ingresaron las Programa Synchro V.8 para su modelación, de acuerdo al flujograma correspondiente.

**Figura 29**

*Flujograma del Volumen horario de máxima demanda - VHMD*



Fuente: Elaboración Propia



Sin embargo, para efectos de iniciar la simulación de la situación actual en el Ovalo Cuzco con el programa Synchro V.8 fueron necesarios algunos datos adicionales como el porcentaje de vehículos pesados por cada acceso según sus movimientos, el factor de hora pico de acuerdo volumen de tránsito como establece el HCM 2010, así como el registro de transporte público que paran en cada acceso, etc.

En cuanto a la Tabla 39 “Porcentaje de vehículos pesados por acceso” los datos mostrados fueron extraídos del Tabla 38, teniendo en cuenta el total de vehículos por hora de cada movimiento y el número de vehículos pesados que pasan por cada giro, hallando así la relación entre ellos.

**Tabla 38**

*Total de Vehículos Livianos y Pesados por giro en hora pico – Turno Mañana 25/10/2019*

Giros	Moto Bici	Automóvil	Combi (15 o menos asientos)	Buses (16 o más asientos)	Camiones ligeros A (con 2 ejes)	Camiones ligeros B (con 3 ejes)	Camiones medianos A (con 4 ejes)	Camiones medianos B (con 5 ejes)	Semitrayler (con 4 ejes)	Semitrayler (con más de 5 ejes)	Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	Total
1	6	100	2		3						108	3	111
2	12	279	8		5		5				299	10	309
3	26	370	33	158	4						429	162	591
4	4	71	1		4		3				76	7	83
5	3	52	2		2						57	2	59
6	4	102	5		6						111	6	117
7	15	394	17	126	2						426	128	554
8	5	60	3								68		68
9	5	270	16	2	5		4				291	11	302
10	2	139	6		1		2				147	3	150
11	2	252	10		3						264	3	267
12	6	113	4		6		3				123	9	132
13	5	61	4		3		3				70	6	76
14	7	62	2	5	2		3				71	10	81
15	3	333	4		5		4		5		340	14	354
16	1	45	3		1						49	1	50
17	5	103	5		2		3				113	5	118
18		75	2		6		4				77	10	87
TOTAL	111	2881	127	291	60		34		5		3119	390	3509
UCP	83	2881	159	873	150		85		18			4249	
%	3.2%	82.1%	3.6%	8.3%	1.7%		1.0%		0.1%		88.9%	11.1%	100.0%

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 39***Porcentaje de vehículos pesados por giro*

MOVIMIENTO	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	G-11	G-12	G-13	G-14	G-15	G-16	G-17	G-18
TOTAL VEHICULOS	120	356	648	92	76	152	628	84	328	172	284	140	84	88	388	60	136	88
TOTAL VEHIC. PESADOS	3	10	162	7	2	6	128	0	11	3	3	9	6	10	14	1	5	10
%	3	3	25	8	3	4	20		3	2	1	6	7	11	4	2	4	11

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 40***Factor de hora pico (Peak Hour Factor)*

Total Approach Volume	PHF
2000	0.95
1000	0.93
500	0.92
200	0.87
100	0.83
50	0.78

Fuente: Manual HCM 2010, Capitulo 8.

**Tabla 41***Resultados obtenidos de la simulación en la situación actual*

MOVIMIENTO	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	G-11	G-12	G-13	G-14	G-15	G-16	G-17	G-18
VOLUMEN	120	356	648	92	76	152	628	84	328	172	284	140	84	88	388	60	136	88
F.H.P.	0.84	0.90	0.92	0.82	0.81	0.85	0.92	0.81	0.89	0.86	0.88	0.85	0.81	0.82	0.90	0.79	0.84	0.82

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 42***Parámetros de Análisis Básicos*

<i>Tipo de Condición</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Acceso Norte</i>	<i>Acceso Sur</i>	<i>Acceso Noreste</i>	<i>Acceso Noroeste</i>	<i>Acceso Sureste</i>	<i>Acceso Suroeste</i>
<i>GEOMETRICAS</i>	<i>Tipo de Área</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>No</i>
	<i>Número de Carriles (N)</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>Ancho promedio carriles, W(m)</i>	<i>3.6</i>	<i>3.6</i>	<i>3.6</i>	<i>3.6</i>	<i>3.6</i>	<i>3.6</i>
	<i>Pendiente, G (%)</i>	<i>2</i>	<i>-2</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>-2</i>
	<i>Existencia de Carriles exclusivo, LT o RT</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
	<i>Extensión de Bahías</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
	<i>Estacionamiento LT o RT</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
	<i>TRANSITO</i>	<i>Volumen. Total por acceso (Veh/h)</i>	<i>856</i>	<i>1216</i>	<i>584</i>	<i>224</i>	<i>424</i>
<i>Flujo de Saturación base, So(veh/h)</i>		<i>1900</i>	<i>1900</i>	<i>1900</i>	<i>1900</i>	<i>1900</i>	<i>1900</i>
<i>Porcentaje vehículos pesados, HV (%)</i>		<i>39</i>	<i>20</i>	<i>5</i>	<i>15</i>	<i>7</i>	<i>26</i>
<i>Flujo peatonal en el acceso (peatones /h)</i>		<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
<i>Transporte público que paran en la intersección Nb (vehículos/h)</i>		<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
<i>Velocidad de Aprox., Sa (km/h)</i>		<i>30</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>30</i>

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. RESULTADOS

En la pantalla se pudo observar en la parte de la derecha las herramientas o botones que sirven para construir la red y también para visualizar los resultados que se han obtenido.

También como en todo software hay un menú con diferentes opciones, los botones para grabar los archivos, para imprimir y para deshacer.

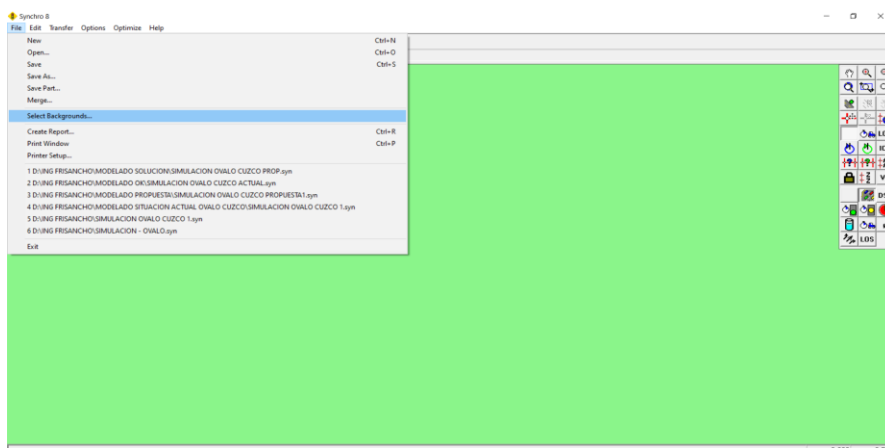
Principalmente nos enfocamos en las 4 primeras plantillas de la tercera fila porque son las que nos permitieron realizar el estudio de capacidad, nivel de servicio.

#### 4.3.1. Parámetros de Análisis Básicos.

En la Tabla 42 se muestra un cuadro resumen de los datos requeridos para desarrollar un análisis operacional, precisando la información necesaria, que se asocian en las siguientes categorías: tránsito y geometría.

**Figura 30**

*Pantalla de inicio del Synchro V.8*



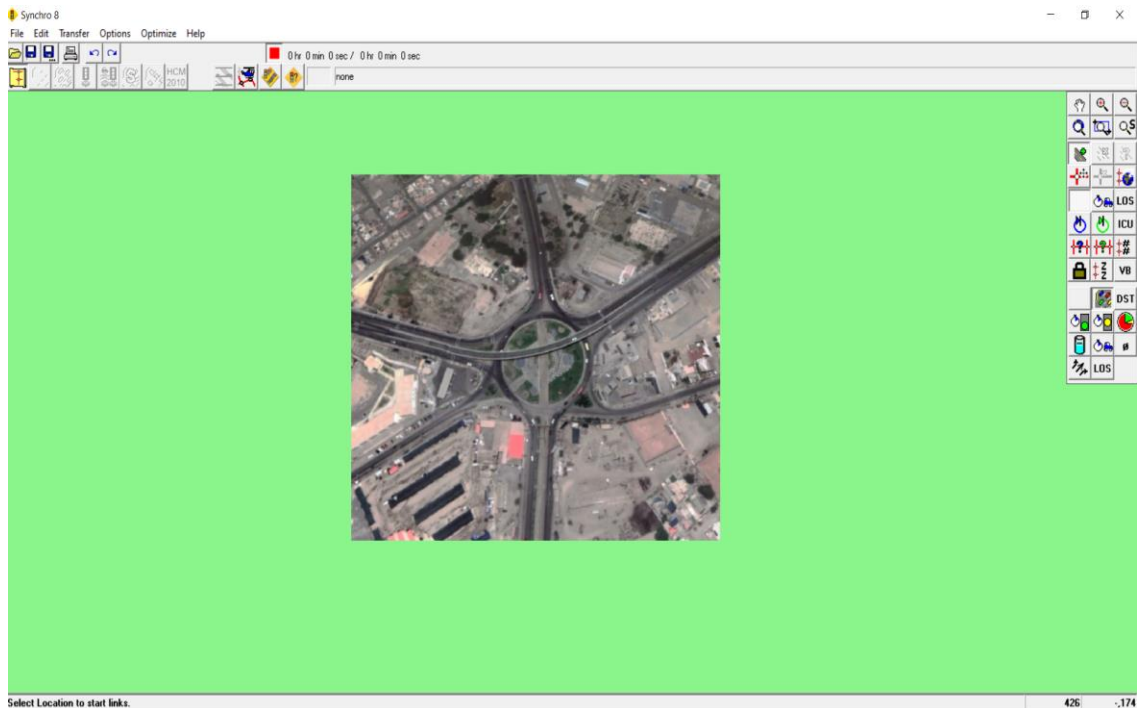
Fuente: Programa Synchro V.8

Para realizar el análisis lo primero que se hizo fue crear la intersección, insertamos la imagen satelital del Estudio, colocándose las coordenadas, para luego realizar los trazos de las vías que intersectan con el óvalo Cuzco, tratando de dar forma real de las vías, para

iniciar la configuración de carriles, dándole luego el nombre de las vías, siendo Av. Cuzco (N) , Av. Municipal (S), Avenida Circunvalación Este -Av. Jorge Basadre Grohmann (N-E) ,Av. Circunvalación Oeste-Av. Jorge Basadre Grohmann (N-W) , Av. Collpa-antes Tarapacá (S-E) y Av. Collpa-antes Tarapacá (S-W).

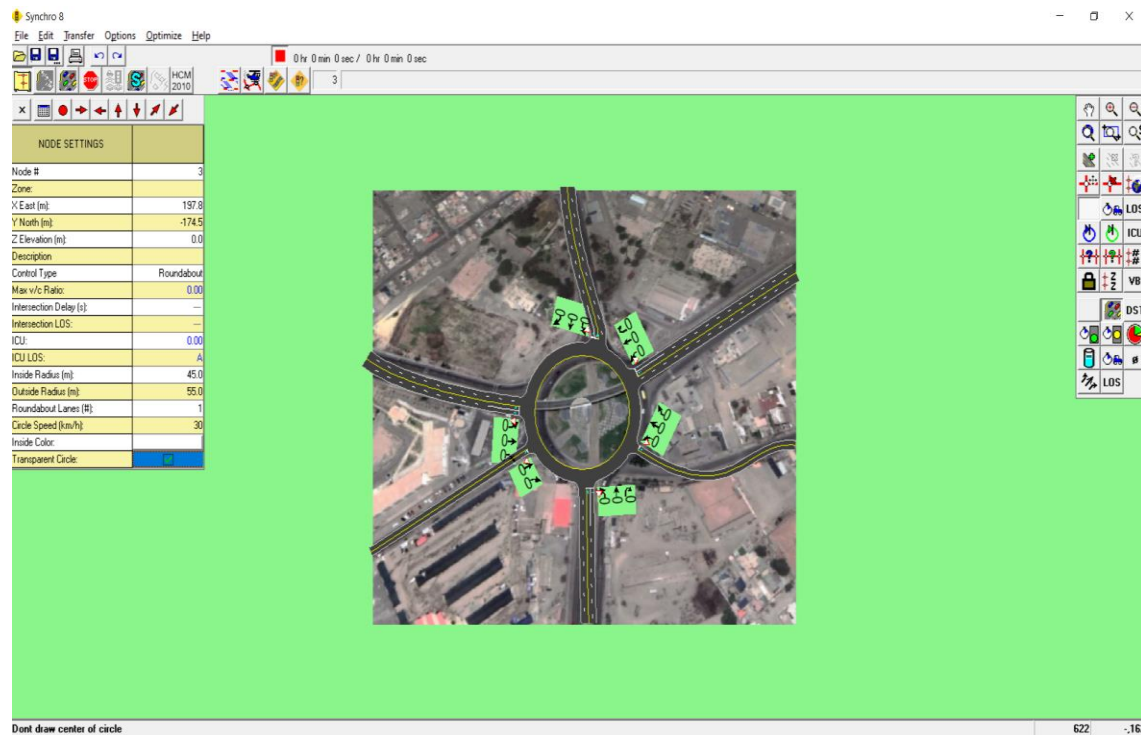
### Figura 31

#### *Ingreso de la imagen satelital*



Fuente: Programa Synchro V.8

Para ingresar la información se adecua la intersección para fines de procesamiento de datos en el Synchro, se trabaja denominando a los accesos en “Lane Setting” se tiene el término EB son flujos vehiculares que van al Este, el término WB son flujos vehiculares que van al Oeste, de la misma forma el término NB son los que van al Norte y el término SB son los que van hacia el Sur.

**Figura 32***Ingreso de carriles en las intersecciones y sus respectivos giros*

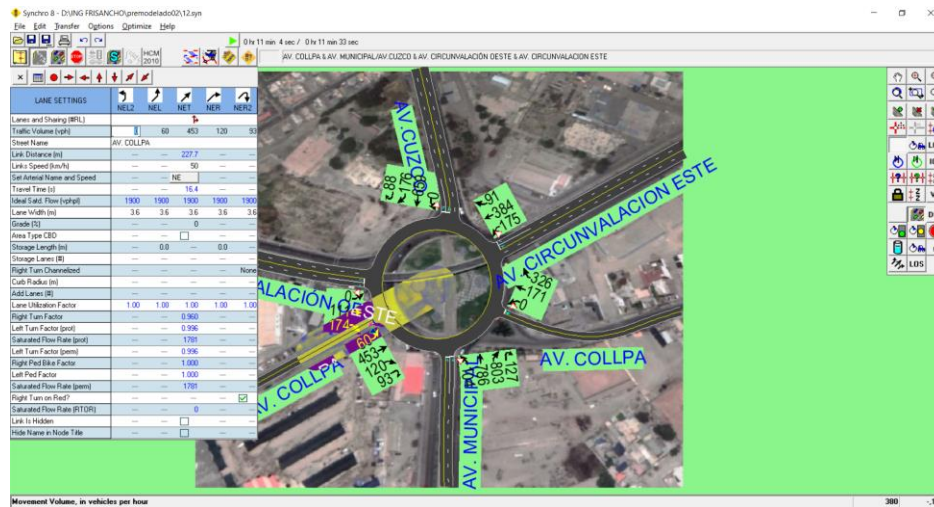
Fuente: Programa Synchro V.8

En la primera fila “Lanes and Sharing” se ingresa los carriles de entrada por cada acceso con sus correspondientes giros o movimientos que tienen los vehículos al llegar a la intersección con el óvalo Cuzco.

En la segunda fila “Traffic Volume” se ingresan los volúmenes de tráfico en vehículos mixtos por sentido de movimiento en cada acceso de entrada determinados en los aforos direccionales. Estos flujos vehiculares están expresados en vehículos por hora, múltiplos de 4 porque hacen referencia al periodo de 15 minutos más cargados dentro de la hora pico.

**Figura 33**

*Ingreso de volúmenes de tráfico*



Fuente: Programa Synchro V.8

En las demás filas como; “Link Distance”, “Link Speed”, “Travel Time”, “Ideal Satd Flow”, son valores asumidos por defecto por el programa, considerando el Manual HCM 2010.

Finalmente, en las filas siguientes de la plantilla se muestra los cálculos que hace el programa de los factores que afectan el flujo de saturación basándose en la metodología del Manual HCM 2010.

**Figura 34**

*Datos del modelo, ingresados al programa Synchro V.8*

VOLUME SETTINGS	EBL2	EBL	EBT	EBR	EBR2	WBL2	WBL	WBT	WBR	WBR2	NBL2	NBL	NBT	NBR	NBR2	SBL2	SBL	SBT	SBR	SBR2	NEL2	NEL	NET	NER	NER2
Lanes and Sharing (SRL)																									
Traffic Volume (vph)	0	0	88	136	0	0	0	140	284	0	0	92	648	356	120	0	0	628	152	76	0	60	388	88	84
Conflicting Peds. (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.82	0.84	0.92	0.92	0.92	0.85	0.88	0.92	0.92	0.82	0.92	0.90	0.84	0.92	0.92	0.92	0.85	0.81	0.92	0.79	0.90	0.82	0.81
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	1.00	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 (%)	0	0	11	4	0	0	0	6	1	0	0	8	25	3	2	0	0	20	4	3	0	2	4	11	7
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffic from mid-block (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Link, OD Volumes																									
Adjusted Flow (vph)	0	0	107	162	0	0	0	185	323	0	0	112	704	396	143	0	0	683	179	94	0	76	431	107	104
Traffic in shared lane (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	0	269	0	0	0	0	488	0	0	0	0	916	539	0	0	0	683	273	0	0	0	719	0	0

Fuente: Programa Synchro V.8

4.3.2. Simulación en Escenario Actual

Figura 35

Ingreso de datos para la simulación en la situación del flujo actual



Fuente: Programa Synchro V.8

Figura 36 Factor de Utilización (ICU) del Ovalo Cuzco en situación actual



Fuente: Programa Synchro V.8



**Figura 37**

Resultados obtenidos de la simulación en la situación actual

HCM 2010 ROUNDABOUT	EB		WB		NB		SB		NE		SW	
Entry Lanes	2		1		2		2		1		2	
Conflicting Circle Lanes	2		2		2		2		2		2	
Exit Lanes	1		1		1		1		1		1	
Adjusted Approach Flow (vph)	269		488		1355		956		718		673	
Demand Flow Rate (pc/h)	287		501		1555		1103		756		688	
Vehicles Circulating (pc/h)	1210		1935		764		890		1107		1580	
Vehicles Exiting (pc/h)	773		384		1099		1388		390		856	
Follow-Up Headway (s)	3.186		3.186		3.186		3.186		3.186		3.186	
Ped Vol. Crossing Leg (#/hr)	0		0		0		0		0		0	
Ped Capacity Adjustment	1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000	
Approach Delay (sec/veh)	13.3		368.7		185.4		159.0		236.9		136.0	
Approach LOS	B		F		F		F		F		F	
Lane	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Critical Headway (s)	4.293	4.113	4.113	4.113	4.293	4.113	4.293	4.113	4.113	4.113	4.293	4.113
Designated moves	LT	R	LTR	LTR	LT	R	LT	R	LTR	LTR	LT	R
Assumed Moves	LT	R	LTR	LTR	LT	R	LT	R	LTR	LTR	LT	R
Right Turn Channelized												
Lane Utilization	0.415	0.585	1.000	0.644	0.356	0.743	0.257	1.000	0.297	0.703		
Entry Flow Rate (pc/h)	119	168	501	1001	554	820	283	756	204	484		
Capacity, Entry Lane (pc/h)	456	484	292	637	662	584	610	521	345	374		
Entry HV Adjustment Factor	0.901	0.964	0.974	0.815	0.973	0.833	0.965	0.949	0.980	0.977		
Flow Rate, Entry (vph)	107	162	488	816	539	683	273	718	200	473		
Capacity, Entry (vph)	411	467	284	519	644	487	589	494	339	365		
Volume to Capacity Ratio	0.261	0.347	1.718	1.571	0.837	1.404	0.464	1.452	0.590	1.295		
Control Delay (sec/veh)	13.1	13.5	368.7	286.8	31.8	217.1	13.6	236.9	27.8	181.8		
Level of Service	B	B	F	F	D	F	B	F	D	F		
95th-Percentile Queue (veh)	1	2	31	44	9	32	2	36	4	22		

Fuente: Programa Synchro V.8

**Figura 38**

Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, para la situación actual

HCM 2010 ROUNDABOUT	
Node #	
Zone:	
X East (m):	438.9
Y North (m):	1.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Max v/c Ratio:	1.72
Intersection Delay (s):	190.2
Intersection LOS:	F
ICU:	1.73
ICU LOS:	H
Inside Radius (m):	45.0
Outside Radius (m):	55.0
Roundabout Lanes (#):	2
Circle Speed (km/h):	30
Inside Color:	
Transparent Circle:	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Programa Synchro V.8

**Tabla 43***Resultados de parámetros de evaluación del Programa Synchro V.8*

SIMULACIÓN SYNCHRO 8.0	GRADO DE SATURACIÓN (MAX V/C RATIO)	DEMORA TOTAL INTERSECTION DELAY (S)	NIVEL DE SERVICIO ( LOS)	FACTOR DE UTILIZACIÓN ( ICU)
SITUACIÓN ACTUAL	1.72	190.20	F	1.73

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la simulación del flujo actual del ovalo Cuzco se observa que la capacidad de utilización del ovalo que representa al nivel de servicio Level of Service (LOS) es de TIPO F, evidenciando que el tiempo de demora es totalmente inaceptable.

El factor de utilización (ICU) de la capacidad actual del ovalo es de 1.73 %, siendo lo óptimo valores menores a 1.00 %; evidenciando que su capacidad de utilización actual se ve sobrepasada en un 73 %, por lo tanto, existe un flujo sumamente crítico.

#### **4.3.3. Paso a Desnivel por el Ovalo Cuzco N-S**

Se propone como alternativa de solución del congestionamiento vehicular existente en el ovalo Cuzco, el paso a desnivel por el Ovalo en mención, teniendo un trazo diametral en el sentido N-S y viceversa, como se muestra en los Planos A-01 (Planimetría General) y A-02 (Cortes y Elevaciones) de la propuesta, que considera una sección vial con 02 carriles independientes tanto de ingreso y salida separados por un elemento estructural que soporte el paso del Ferrocarril Tacna Arica.

La propuesta obedece a la evaluación efectuada del flujo vehicular en el ovalo Cuzco donde se observa que el mayor flujo vehicular se presenta por la Avenida Cuzco y la Avenida Municipal ; el acceso de ingreso al paso a desnivel sentido N-S sería por el carril izquierdo de la Avenida Cuzco y la salida por el carril izquierdo de la Avenida

Municipal, como también el ingreso en el sentido S-N por el carril izquierdo de la Avenida Municipal y salida por la Avenida Cuzco, las pendientes de las rampas de ingreso y salida son del orden de  $\pm 6.50\%$ , existiendo un desnivel de  $-6.45$  m. respecto al nivel.  $\pm 0.00$  de la pista perimetral del Ovalo Cuzco.

Con los datos del Flujograma de las horas pico que se produce el día 25 -OCT- 2019 en el turno de la mañana se simulara el flujo vehicular mediante el software Synchro V. 8, de acuerdo a la propuesta planteada, haciendo que el flujo tanto de S-N (Av. Municipal) y N-S (Av. Cuzco) sean iguales a cero.

#### 4.3.3.1. Resultados de la Simulación Mediante Paso a Desnivel

**Figura 39**

*Resultados de la propuesta planteada*



Fuente: Programa Synchro V.8

**Figura 40**

*Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, par a la situación actual*

HCM 2010 ROUNDABOUT	EB		WB		NB		SB		NE		SW	
Entry Lanes	2		1		2		2		1		2	
Conflicting Circle Lanes	2		2		2		2		2		2	
Exit Lanes	1		1		1		1		1		1	
Adjusted Approach Flow (vph)	269		488		651		273		718		673	
Demand Flow Rate (pc/h)	287		501		675		283		756		688	
Vehicles Circulating (pc/h)	390		1055		764		880		287		700	
Vehicles Exiting (pc/h)	773		384		279		508		390		856	
Follow-Up Headway (s)	3.186		3.186		3.186		3.186		3.186		3.186	
Ped Vol. Crossing Leg (#/h)	0		0		0		0		0		0	
Ped Capacity Adjustment	1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000	
Approach Delay (sec/veh)	6.3		51.1		27.8		13.6		23.7		17.0	
Approach LOS	A		F		D		B		C		C	
Lane	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Critical Headway (s)	4.293	4.113	4.113	4.293	4.293	4.113	4.293	4.113	4.113	4.293	4.113	4.113
Designated moves	LT	R	LTR	LT	R	LTR	LT	R	LTR	LT	R	LTR
Assumed Moves	LT	R	LTR	LT	R	LTR	LT	R	LTR	LT	R	LTR
Right Turn Channelized	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Lane Utilization	0.415	0.585	1.000	0.179	0.821	0.000	1.000	1.000	0.297	0.703	--	--
Entry Flow Rate (pc/h)	119	168	501	121	554	0	283	756	204	484	--	--
Capacity, Entry Lane (pc/h)	843	860	540	637	662	584	610	924	668	692	--	--
Entry HV Adjustment Factor	0.901	0.964	0.974	0.926	0.973	1.000	0.965	0.949	0.980	0.977	--	--
Flow Rate, Entry (vph)	107	162	488	112	539	0	273	718	200	473	--	--
Capacity, Entry (vph)	760	829	526	590	644	584	589	878	655	677	--	--
Volume to Capacity Ratio	0.141	0.195	0.928	0.190	0.837	0.000	0.464	0.818	0.305	0.699	--	--
Control Delay (sec/veh)	6.2	6.4	51.1	8.5	31.8	6.2	13.6	23.7	9.4	20.2	--	--
Level of Service	A	A	F	A	D	A	B	C	A	C	--	--
95th-Percentile Queue (veh)	0	1	11	1	9	0	2	9	1	6	--	--

Fuente: Programa Synchro V.8

**Figura 41**

*Ingreso de datos para la simulación de la propuesta planteada*

HCM 2010 ROUNDABOUT	
Node #	
Zone:	
X East (m):	438.9
Y North (m):	1.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Max v/c Ratio:	0.93
Intersection Delay (s):	25.0
Intersection LOS:	D
ICU:	1.03
ICU LOS:	G
Inside Radius (m):	45.0
Outside Radius (m):	55.0
Roundabout Lanes (#):	2
Circle Speed (km/h):	30
Inside Color:	
Transparent Circle:	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Programa Synchro V.8

**Tabla 44**

*Resultados obtenidos del Programa Synchro V.8, para la propuesta planteada*

SIMULACIÓN SYNCHRO 8.0	GRADO DE SATURACIÓN (MAX V/C RATIO)	DEMORA TOTAL INTERSECTION DELAY (S)	NIVEL DE SERVICIO (LOS)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (ICU)
SITUACION ACTUAL	1.72	190.20	F	1.73
PROPUESTA PASO A DESNIVEL	0.93	25.00	D	1.03

Fuente: Elaboración Propia

De la comparación de los resultados en la simulación tanto de la situación actual y la propuesta, se observa que el nivel de servicio del escenario actual es del TIPO F mientras que la capacidad de utilización del Ovalo Cuzco, con la propuesta es de TIPO D Level of Service (LOS), lo que evidencia una mejora en el nivel de servicio y una notable reducción del tiempo de demora.

Así mismo el factor de utilización (ICU) de la capacidad actual del ovalo es de 1.73 %, también se ve reducida 1.03 %; evidenciando que la propuesta mejora este factor en un 70%, sin embargo, pese a la mejora se encuentra todavía en el flujo crítico porque el valor supera a 1, continuando la congestión vehicular.

#### **4.4. Comprobación de Hipótesis.**

##### **4.4.1. De la Hipótesis General.**

Con los datos obtenidos y mediante el uso el software Synchro V.8 se ha efectuado la evaluación del nivel de servicio del flujo vehicular en el óvalo Cuzco en el escenario actual presentando un nivel de servicio de F, así como se ha efectuado la simulación con el paso a desnivel N-S obteniendo un nivel de servicio de D, siendo datos muy significativos en la toma de decisiones de propuesta de mejora en el nivel de servicio.

##### **4.4.2. De Las Hipótesis Específicas**

- Se ha efectuado la evaluación del nivel de servicio vehicular que presta el óvalo

Cuzco el año 2019, presentando un nivel de F.

- Se ha verificado que los mayores flujos vehiculares se presentan en las intersecciones de la Av. Cuzco y Av. Municipal con el ovalo Cuzco.
- La micro simulación utilizando Synchro V.8 tanto del escenario actual y la propuesta con el paso a desnivel N-S, permitió visualizar de manera óptima el comportamiento del flujo vehicular y la capacidad de la infraestructura en todas las intersecciones del óvalo Cuzco.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos tanto para el escenario actual, así como la propuesta de mejora mediante el paso a desnivel sentido N-S en el ovalo Cuzco, se presentan las siguientes conclusiones:

1. La evaluación del nivel de servicio del flujo vehicular en el Ovalo Cuzco en el escenario actual presenta un nivel de servicio de **F**, encontrándose en el Flujo forzado, observando demoras inaceptables en las intersecciones, existiendo ondas de arranque y parada extremadamente inestables, generando retrasos de viaje, largos tiempos de espera y colas.
2. El factor de utilización de la capacidad de la intersección obtenida en la simulación del escenario actual en el Ovalo Cuzco, es de **173 %** estableciendo que su capacidad se ha sobrepasado en un 73 %, existiendo un exceso de demanda de vehículos sobre la capacidad de la infraestructura vial del Ovalo, produciéndose por ello congestiónamiento vehicular en horas pico.
3. En la simulación del paso a desnivel N-S se observa una mejora del comportamiento del flujo vehicular, presentando un nivel de servicio de **D** con una circulación de densidad elevada, aunque estable, así mismo el factor de utilización (ICU) de la capacidad del óvalo es de **103 %**, permitiendo un tráfico más fluido, evitando demoras elevadas, sin embargo, pese a la mejora se encuentra todavía en el flujo crítico porque el valor supera el 100 %.
4. En la evaluación del nivel de servicio del óvalo Cuzco, se evidencia que el mayor flujo vehicular se presenta en las intersecciones de la Avenida Cuzco y la Avenida Municipal con el óvalo Cuzco.

5. La creación del modelo de micro simulación utilizando Synchro V.8, ha permitido la evaluación del nivel de servicio del óvalo Cuzco, tanto en el escenario actual así como en la simulación del paso a desnivel N-S , analizando la congestión vehicular, lo que permite evaluar las propuestas de mejora formuladas así como optimizar el comportamiento del flujo vehicular.

## **5.2. RECOMENDACIONES O PROPUESTA**

1. Se observa la falta del mantenimiento e instalación de la señalización horizontal y vertical en el Ovalo Cuzco, Recomendando tanto a la Municipalidad Provincial de Tacna y la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa, a través de las Subgerencias de Transporte Publico y Transito que cuentan, efectúen un mantenimiento periódico de las señales en mención , para mejorar la visibilidad de los conductores en la utilización de los carriles correspondiente así como el respeto a las señales de tránsito.
2. Se tiene conocimiento que la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa cuenta con un estudio de tráfico vehicular en el Ovalo Cuzco para la presentación de un estudio de Pre Inversión a nivel de Perfil realizado en septiembre del 2019, recomendando que dicho estudio sea de conocimiento público por cuanto pese al requerimiento efectuado no brindaron ninguna información.
3. Tanto la Municipalidad Provincial de Tacna y la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa, deben contar con especialistas de Transporte para la implementación de un Plan de Gestión Vial donde se estudien, analicen, las causas de congestión vehicular, así como efectuar las propuestas de mejora respectiva.
4. En la simulación mediante Synchro V.8, se observa que mejoró notablemente el comportamiento del flujo vehicular con la propuesta del paso a desnivel N-S, recomendando tanto a la Municipalidad Provincial de Tacna y la Municipalidad



Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa complementar esta investigación para la concretización del mismo.

5. Considerando los niveles de servicio que prestara el ovalo Cuzco, es necesario evaluar un escenario con proyección de 20 años, que permita considerar el crecimiento poblacional y vehicular futuro, recomendando a los especialistas en Transporte evaluar este aspecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cal y Mayor. (2007). *Ingeniería de Transito-Fundamentos y Aplicaciones*.

México: Alfaomega grupo editor SS. de CV., 8va. Edición.

Cortés, J. (2016). *Uso de la simulación para mejorar la movilidad vehicular en los cruces de calzada de Tlalpan y Renato Leduc con la lateral de periférico*. México: Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez, V. (2004). *Manual de Diseño Geométrico de vías Urbanas*. Perú: Edición 2004, VCHI S.A.

Gonzales, D. y Rey, V. (2016). *Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima – San Miguel*. Lima: Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas-UPC

Guzmán, J. (2015). *Rediseño del ovalo de Naranjal*. Lima: Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú.

HCM. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Estados Unidos: publicación de la Junta de Investigación del Transporte de las Academias Nacionales de Ciencias.

Huamanchao, U. (2015). *Implementación de Políticas y Técnicas innovadoras de Seguridad Vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en Carreteras Nacionales, Lima*: Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería-UNI.

Lizarbe, H. (2017). *Análisis vial en intersecciones a desnivel con micro simulación y sistema inteligente de transporte, aplicado a la intersección av. ejercito con av. Ramón castilla*. Ayacucho: Tesis de pre grado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Mamani, E y Chura, O. (2016). *Diseño de intercambio vial a desnivel en las intersecciones*

*de la carretera panamericana sur y la avenida el estudiante de la ciudad de Puno,*  
Puno: Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Martin Gasulla, M. (2011). Recuperado el 02 de junio de 2019 a Hrs. 10.32pm. *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico. Aplicación a la intersección de la CV-500 con la CV-401, en El Saler (T.M. Valencia).* Licenciatura. Universidad Politécnica De Valencia.

<http://mariadoloresmartingasulla.blogspot.com/p/publications-and.html>

MTC. (2018). *Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG-2018.* Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarril.

Núñez, Ch. y Villanueva, C. (2014). *Solución Vial de la Av. Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima- Surco.* Lima: Tesis de pre grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas- UPC.

NCHRP-Report 672 (2010). *Roundabouts: An Informational Guide –Second Edition -* Washington, D.C.

Ortega, H (2017). *Evaluación De La Capacidad En Rotondas, En Función De La Optimización De Su Diseño Geométrico Basado En Un Aumento De La Seguridad. Caso De Estudio Cuenca.* Ecuador: Tesis de grado, Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Civil -Ecuador.

Ortúzar, J. y Willumsen, L. (2008). *Modelos de Transporte.* España: Universidad de Cantabria.

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.* Tacna: Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna.

- Ramírez, A. (2003). *Evaluación de obras viales urbanas aplicación al caso de la vía rápida vía expresa av. Javier Prado*. Lima: Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ríos, E. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracore y Synchro 8*. Piura: Tesis de pre grado, Universidad de Piura.
- Sotelo, J. (2010). *Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte*. Lima: Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Torres, A. (2015). *Análisis y comparación de criterios de diseño geométrico en las rotondas modernas*. Piura: Tesis de pregrado, Universidad de Piura
- Urbina, C. y Torres, A. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la av. Bolognesi y la av. Gustavo pinto en la ciudad de Tacna*. Tacna: Tesis de pre grado, Universidad Privada de Tacna.
- Villacreces, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la República del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. Ecuador: Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01:**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</b> ¿La micro simulación utilizando Synchro V.8, permitirá evaluar el nivel de servicio en flujos vehiculares del óvalo Cuzco-Tacna en el año 2019 y realizar una simulación de paso a desnivel N-S?</p> <p><b>2. INTERROGANTES SECUNDARIAS</b></p> <p><b>a.-</b> ¿Cuál es el grado de saturación vehicular que presenta el óvalo Cuzco año 2019?</p> <p><b>b.-</b> ¿En qué intersección con el óvalo Cuzco se generará el mayor flujo vehicular?</p> <p><b>c.-</b> ¿De qué manera el modelo de micro simulación Synchro V.8 analiza la congestión vehicular en el óvalo Cuzco?</p>	<p><b>1.- OBJETIVOS GENERAL</b> Evaluar el nivel de servicio en flujo vehicular del óvalo Cuzco-Tacna 2019 y realizar una simulación de paso a desnivel N-S utilizando Synchro V.8.</p> <p><b>2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>a) Determinar el grado de saturación vehicular del óvalo Cuzco 2019.</p> <p>b) Identificar en que intersección con el óvalo Cuzco se genera el mayor flujo vehicular.</p> <p>c) Analizar el comportamiento del flujo vehicular en el óvalo Cuzco mediante el modelo de micro simulación Synchro V.8.</p>	<p><b>1.- HIPOTESIS GENERAL</b> Mediante el uso de Synchro V.8, la evaluación del nivel de servicio en flujos vehiculares del óvalo Cuzco-Tacna 2019 y realización de una simulación de paso a desnivel N-S serán significativos.</p> <p><b>2.- HIPOTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) El grado de saturación en el óvalo Cuzco 2019 es altamente congestionado debido a la demanda vehicular existente.</p> <p>b) En las intersecciones de la Avenida Cuzco y Avenida Municipal con el óvalo Cuzco se generan los mayores flujos vehiculares.</p> <p>c) Mediante un modelo de micro simulación utilizando Synchro V.8 se podrá caracterizar de manera óptima los aspectos de geometría actual y su comportamiento con volúmenes actuales o proyectados del óvalo Cuzco.</p>	<p><b>VARIABLES</b></p> <p><b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b> ➤ <b>Flujo vehicular</b></p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría actual del Ovalo</li> <li>• Capacidad de la infraestructura vial del Ovalo.</li> <li>• Flujo de tráfico actual en el Ovalo.</li> </ul> <p><b>Escala de Medición.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo Vehicular: Veh/ hora</li> </ul> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES</b> ➤ <b>Nivel de Servicio</b></p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad y tiempo de recorrido.</li> <li>• Tiempo de colas</li> <li>• Demoras</li> <li>• Libertad de maniobras.</li> <li>• Comodidad de conducción</li> </ul> <p><b>Escala de Medición</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de servicio (A, B, C, D, E y F).</li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION</b> El tipo de investigación es Cuantitativa Correlacional, por cuanto existe el Enfoque Inferencial, Enfoque Experimental y el Enfoque de Simulación</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b> ✓ Descriptivo ✓ Correlacional</p> <p><b>AMBITO DE ESTUDIO</b> El Óvalo Cuzco ubicado en el límite de los distritos de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa</p> <p><b>POBLACION</b> Flujo vehicular que circula por el óvalo Cuzco durante dos días laborables y un día no laborable, donde se conocerá las características de los flujos vehiculares.</p> <p><b>MUESTRA</b> Se realizará un muestreo de 6 horas por día, en horas pico, cada 15 minutos y aforando, en las mañanas 7:00 am a 9:00 am, en las tardes 12:00pm a 2:00 pm y en las noches entre las 6:00 pm a 8:00 pm; muestreo considerando todos los registros de los 18 giros direccionales principales que se presentan.</p> <p><b>TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS</b> Observación</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estación Total</li> <li>• Cronómetros.</li> <li>• Cámaras Fotográficas.</li> <li>• Filmadoras</li> <li>• PC personal.</li> </ul>

**ANEXO N° 02:**  
**FICHA DE AFORO VEHICULAR**





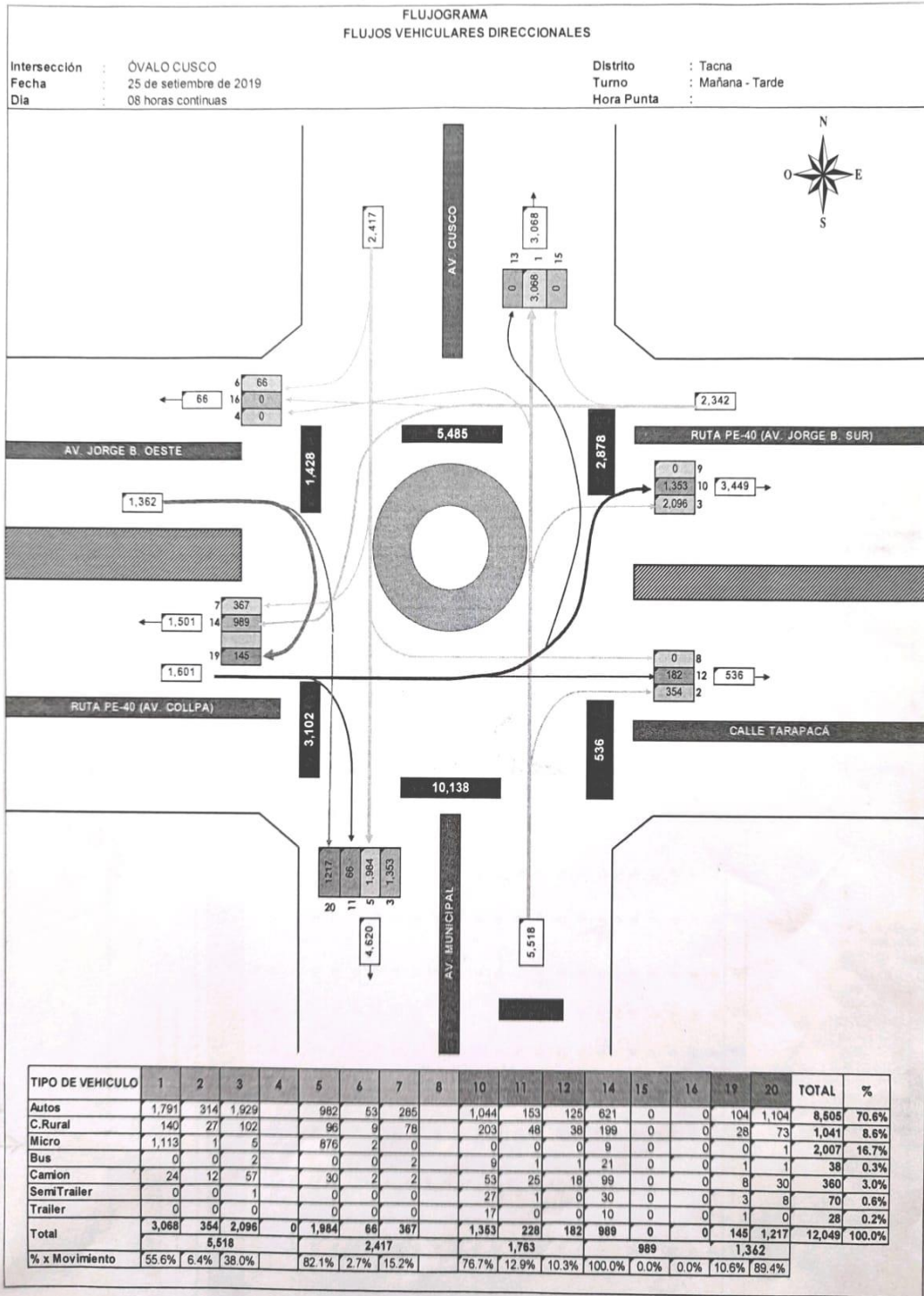
**ANEXO N° 03:**  
**FICHA DE AFORO DIRECCIONAL**



**ANEXO N° 04:**

**ESTUDIO DE TRAFICO VEHICULAR EN EL  
OVALO CUSCO PARA EL ESTUDIO DE PRE  
INVERSION A NIVEL DE PERFIL**

**FLUJOGRAMA: FLUJOS VEHICULOS  
DIRECCIONALES**





**PANEL FOTOGRAFICO**



**Fotografía N°-01.-** Av. Circunvalación Este, ingreso al Ovalo Cuzco se observa colas y congestión vehicular en horas pico.



**Fotografía N°-02.-** Av. Municipal, ingreso al Ovalo Cuzco Se observa el congestionamiento vehicular y las colas formadas en horas pico.

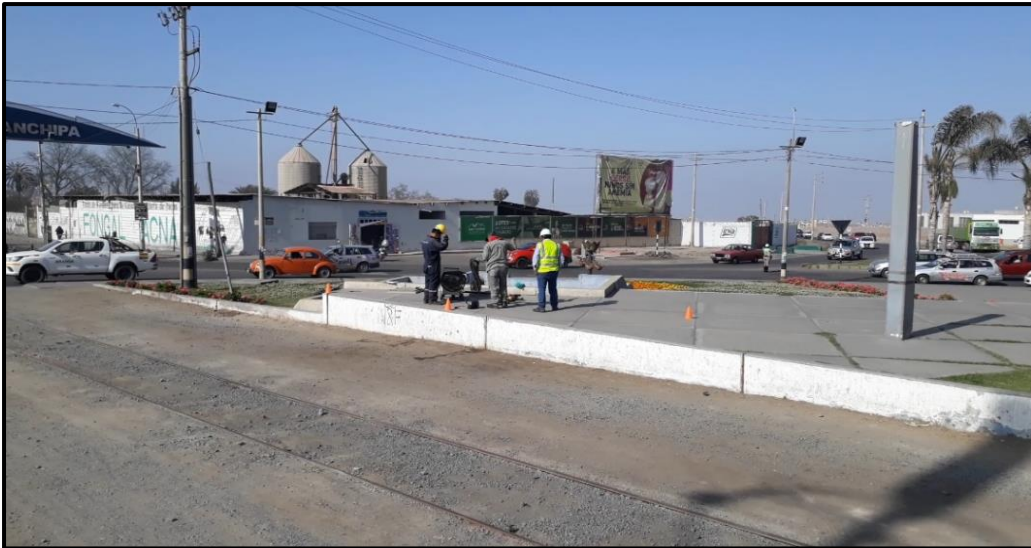




**Fotografía N°-03.-** Av. Municipal (200 m. del Ingreso al Ovalo Cuzco) Se observa el congestionamiento vehicular y largas colas formadas en horas pico.



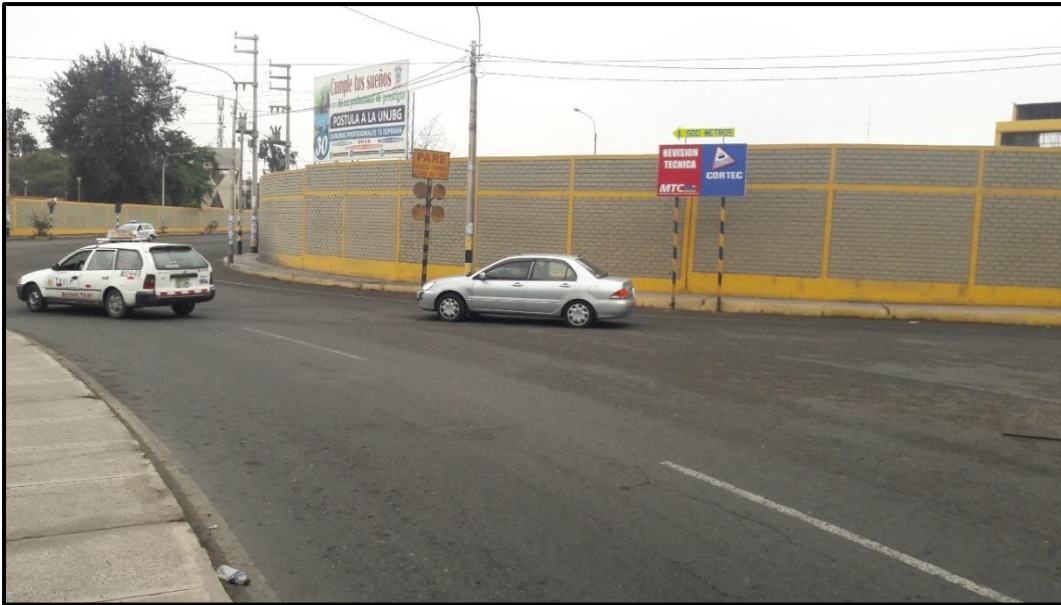
**Fotografía N°-04.-** Av. Municipal (Ingreso al Ovalo Cuzco) Se observa la presencia de un Policía de Tránsito ubicado para dar tiempos de circulación y parada de los vehículos.



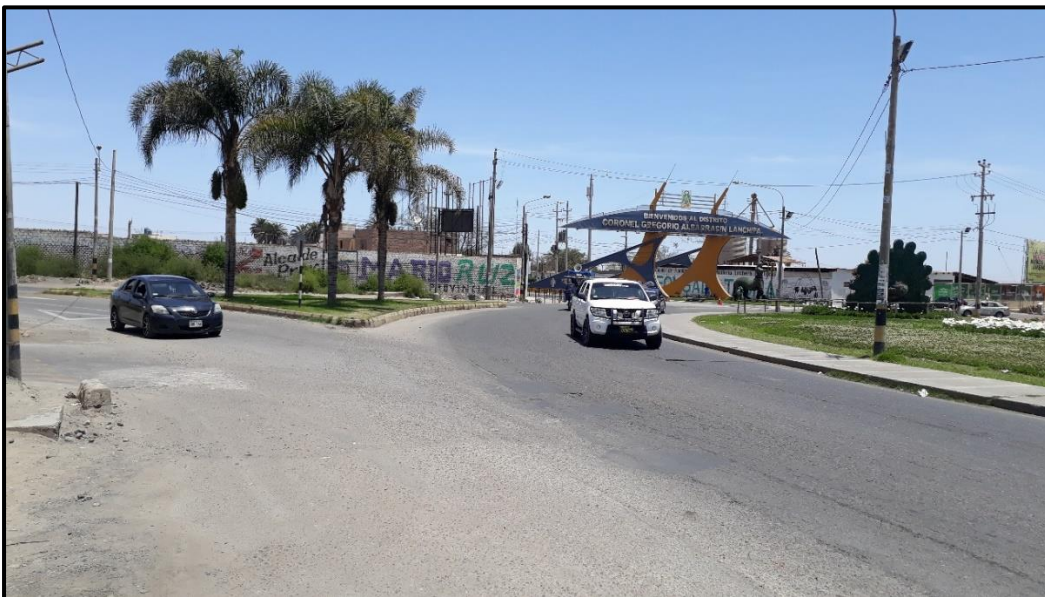
**Fotografía N°-05.-** Av. Collpa Oeste (Ingreso al Ovalo Cuzco) Se observa la presencia de otro Policía de Tránsito situado para dar tiempos de circulación y parada de los vehículos.



**Fotografía N°-06.-** Av. Circunvalación Este (Ingreso al Ovalo Cuzco) Se observa el descongestionamiento vehicular en horas de la tarde 29/10/2019.



**Fotografía N°-07.-** Intersección de la Av. Circunvalación Este y la Av. Cuzco se observa que no hay señalización horizontal de paso peatonal



**Fotografía N°-08.-** Av. Collpa Este y Av. Municipal (Ingreso al Ovalo Cuzco) Se puede ver que el pavimento se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento y no cuenta con señal horizontal



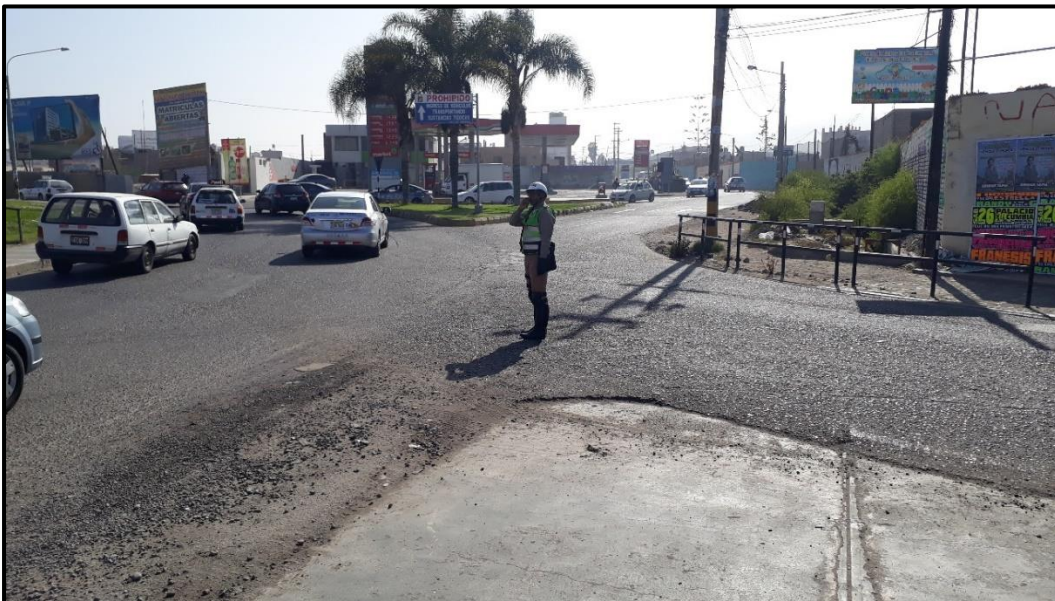
**Fotografía N°09.-** Se observar personal efectuando la filmación del flujo vehicular (Estación N° 01)



**Fotografía N°-10.-** Ingreso a la Av. Municipal, Se observa el congestionamiento vehicular en horas picos, incluso con la presencia de policías de tránsito.

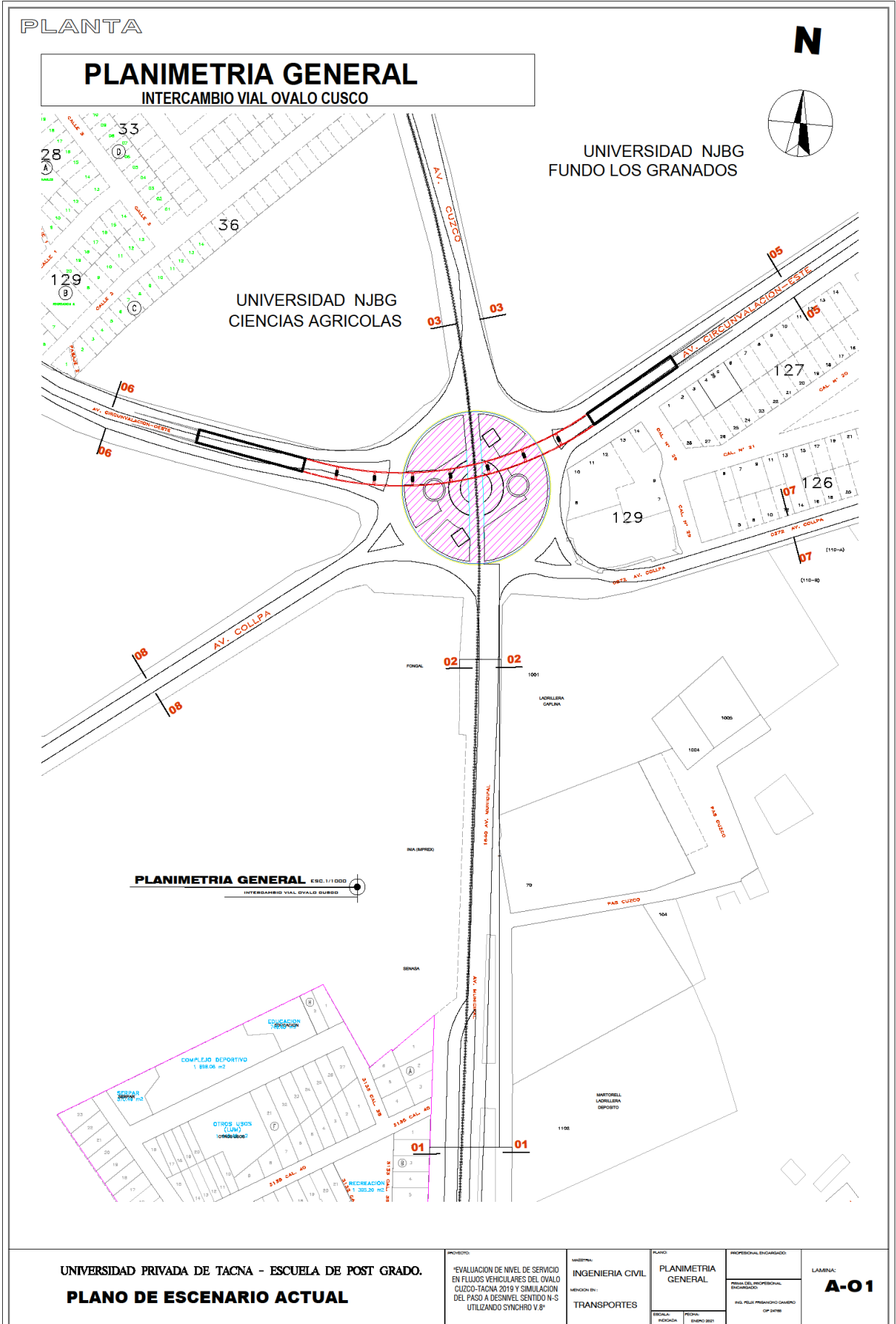


**Fotografía N°-11.-** Av. Municipal (Ingreso al Ovalo Cuzco) Se observa el congestionamiento vehicular y largas colas formadas en horas pico

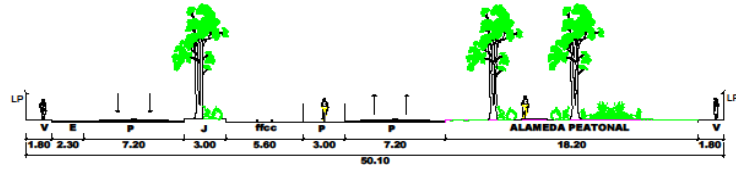


**Fotografía N°-12.-** Ingreso al Ovalo Cuzco por la Av. Municipal se observa la presencia de policías de tránsito en horas pico.

**PLANO DE PLANIMETRIA DE  
ESCENARIO ACTUAL**

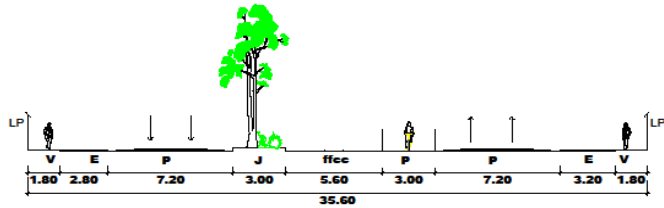


SECCIONES



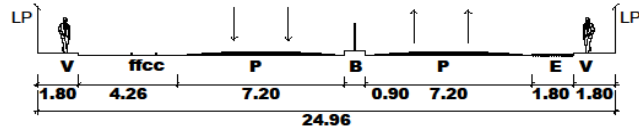
SECCION 1 - 1

ESC:1/250



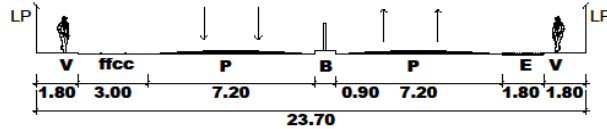
SECCION 2 - 2

ESC:1/200



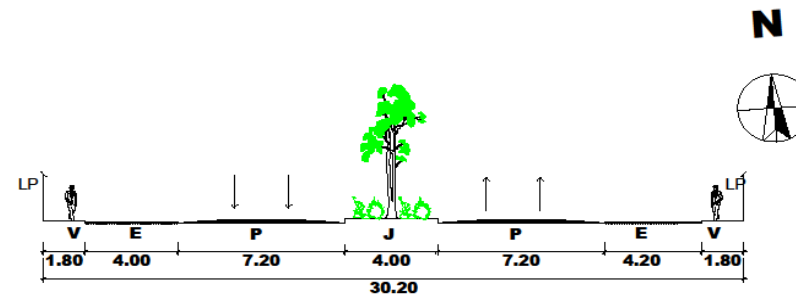
SECCION 3 - 3

ESC:1/150



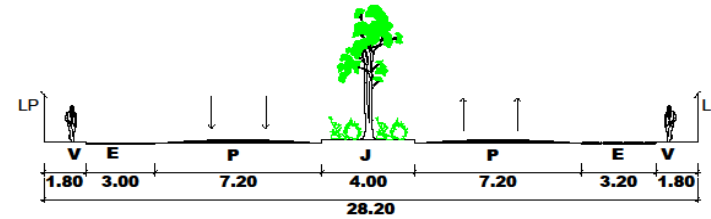
SECCION 4 - 4

ESC:1/150



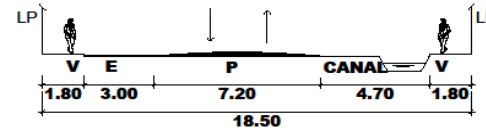
SECCION 5 - 5

ESC:1/150



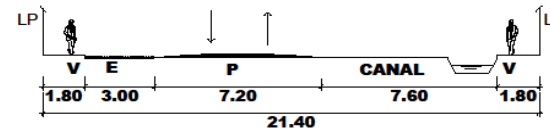
SECCION 6 - 6

ESC:1/150



SECCION 7 - 7

ESC:1/150



SECCION 8 - 8

ESC:1/150

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA - ESCUELA DE POST GRADO.  
PLANO DE ESCENARIO ACTUAL

PROYECTO:  
EVALUACION DE NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS DE VEHICULARES DEL OVALO CUZCO-TACNA 2019 Y SIMULACION DEL PASO A DORNIVEL SENTIDO N-S UTILIZANDO SYNCHRO V.8

INGENIERIA CIVIL  
MENCION EN:  
TRANSPORTES

SECCIONES

ESCALA: 1/150  
FECHA: JUNIO 2022  
PROFESIONAL INSCRIBIDO:  
ING. PAUL PABLO CAMPO  
CIP 20861

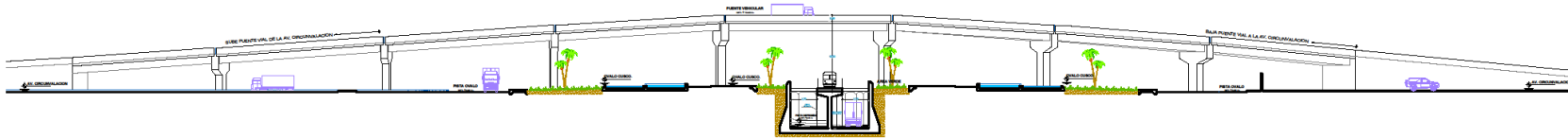
LAMINA:  
**A-02**



**PLANOS DE PLANIMETRIA DE  
PROPUESTA DE MEJORA**

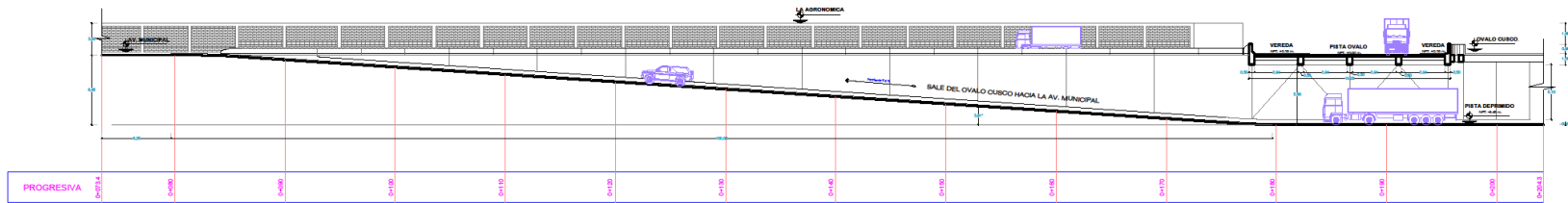


CORTES Y ELEVACIONES



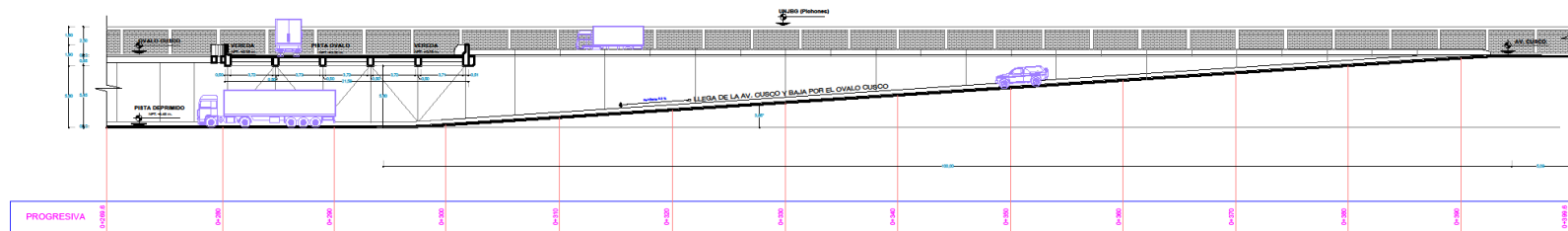
**CORTE LONGITUDINAL A - A**

ESC:1/300



**CORTE B - B**

ESC:1/200



**CORTE C - C**

ESC:1/200

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA - ESCUELA DE POST GRADO.  
PLANO DE PROPUESTA-PASO A DESNIVEL

PROYECTO:  
EVALUACION DE NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS VEHICULARES DEL OVALO CURSO-TACNA 2019 Y SIMULACION DEL PASO A DESNIVEL SENTIDO N-S UTILIZANDO SYNCHRO V.8\*

ESPECIALIDAD:  
INGENIERIA CIVIL  
MENCION EN:  
TRANSPORTES

PLANO DE DESARROLLO:  
CORTES  
ELEVACIONES

SEÑALA: [blank] PROFESIONAL ENCARGADO:  
ING. PABLO PIRAGUANO GARCERA  
CIP 24748

PRIMA DEL PROFESIONAL ENCARGADO:

LAMINA:  
**A-02**

