

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



***PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL NIVEL DE
SERVICIO DEL TRÁFICO VEHICULAR DEL JR.ABTAO
CUADRAS 5, 6, 7 Y 8 DE LA CIUDAD DE HUANUCO-2019***

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

***TESISTA:
BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND***

***ASESOR:
ING. JORGE LUIS MEYZAN BRICEÑO***

HUÁNUCO - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres, por el apoyo continuo
durante todo el tiempo de mis
estudios profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en cada etapa de mi vida y por brindarme una vida de aprendizaje diario, de hermosas experiencias y sobre todo de felicidad.

Agradezco a mis padres, por darme la posibilidad de estudiar y llegar a esta etapa de mi vida. A mi madre quien es mi pequeño gran tesoro, por brindarme todo su cariño desde mi primer día de vida y por levantarme de tantos tropiezos de cada etapa de mi vida y por ser mi modo de transporte en esta congestionada vía durante todos mis años de estudios; por su paciencia y comprensión, porque su bondad y sacrificio me inspiraron a ser mejor para ustedes y para mí mismo, ahora puedo decir que este esfuerzo lleva mucho de ustedes, gracias por estar siempre a mi lado, mis padres amados.

RESUMEN

Para el presente trabajo de investigación, se iniciaron identificando las intersecciones de mayor congestionamiento vehicular en el JR. ABTAO ENTRE LAS INTERSECCIONES JR. AGUILAR HASTA EL JR.DAMASO BERAUN, identificándose así el Área de Influencia del trabajo de investigación:

Longitudinalmente el Jirón Abtao, transversalmente con los Jirones Aguilar, Ayacucho, Huánuco, General Prado y Damaso Beraun.

Ya identificada las Intersecciones del Área de Influencia, se obtuvieron los Componentes Estáticos y Componentes Dinámicos; mediante mediciones, recopilación de datos, aforos vehicular y peatonales con personal capacitado, filmaciones y vistas aéreas con drones, luego de obtenida estos componentes se realiza la etapa de procesamiento en gabinete, determinando las secciones transversales, los flujogramas vehiculares y los ciclos óptimos de los semáforos en cada intersección, posteriormente se realiza la construcción del escenario de situación actual, escenario de sistema coordinado de semáforos y escenario a futuro empleando una potente herramienta de simulación y se culmina con la evaluación de resultados; determinando los Niveles de Servicio en cada escenario de análisis en la presente investigación que permiten tomar la decisión adecuada, de la alternativa recomendable de semaforización para mejorar los indicadores de movilidad.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
INDICE GENERAL	iv
INTRODUCCION	viii
CAPITULO I. Planteamiento del problema	1
1.1 Antecedentes bibliográficos	1
1.2 Descripción de la realidad problemática	4
1.3 Formulación del problema	6
1.4 Justificación e importancia de la investigación	7
1.5 Objetivos	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
1.6 Hipótesis	9
Objetivo general	9

Objetivos específicos	9
1.7 Variables e indicadores	10
1.8 Alcances y limitaciones	11
1.9 Tipo y nivel de investigación	12
CAPITULO II. Marco teórico	11
2.1 Aforos	13
2.2 Características del flujo vehicular	14
2.3 Congestionamiento del tránsito	15
2.4 Velocidad	16
2.5 Métodos empleados en campo para estimar los tiempos de recorrido vehicular	17
2.6 Longitud de colas de los vehículos	20
2.7 Demoras en tiempos de viajes	21
2.8 Capacidad y niveles de servicio en intersecciones Con semáforo	22
2.9 Semaforización	25
2.10 Volumen de transito futuro	69

2.11 Tamaño de muestra	71
2.12 Prueba de normalidad	73
2.13 Modelo de simulación de tráfico	74
CAPITULO III. Desarrollo del trabajo de tesis	83
3.1 Caso en estudio	83
3.2 Componentes estáticos	84
3.3 Componentes dinámicos	90
3.4 Sincronización de los semáforos	141
3.5 Aforo peatonal	146
3.6 Estudio de velocidades	148
3.7 Construcción del modelo microscópico	179
CAPITULO IV. Análisis, simulación, resultados de la investigación y validación de la hipótesis	187
4.1 Análisis	187
4.2 Simulación	192
4.3 Resultados de la investigación	194
4.4 Validación de la hipótesis	200

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	202
Conclusiones	202
Recomendaciones	204
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	205
ANEXO	207
Plan de tesis	208
Panel fotográfico	237
Aforo vehicular en horas de máxima demanda	242
Lista de tablas	254
Lista de figuras	259
Lista de ecuaciones	262
Lista de imágenes	263

INTRODUCCIÓN

Actualmente el creciente problema de congestión vehicular en la Vía Arterial Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco, razones como la falta de sincronización en las intersecciones semaforizadas, tiempos de ciclo no coordinado, el funcionamiento con el mismo diagrama de fases y ciclo durante todo el día, son causantes de demoras en las operaciones de los vehículos, además el mal uso de las vías por parte de los ciudadanos, dada la constante indisciplina entre vehículos públicos, particulares y peatones, infraestructura vial en mal estado, son las causantes que conllevan al congestionamiento vehicular.

En ese sentido, una de las principales estrategias para el control ordenado de la movilidad urbana, es la gestión de la operación de una Semaforización Coordinada, con un sistema óptimo de las fases de los ciclo de los semáforos en las intersecciones.

Se puede obtener un plan de mejoramiento del control de señales de tránsito, donde se incluya el sistema coordinado de semáforos de tránsito en las principales vías, con un sistema de fases de los ciclos de semáforos con una flecha verde (ola verde) disminuyendo las demoras y las longitudes de colas de los diferentes modos de transporte.

Las necesidades de una Semaforización Coordinada de tránsito se detallan a continuación.

- El mejoramiento del control de señales de tránsito, es una de las maneras de lograr el uso máximo de las instalaciones viales actuales y de aumentar la capacidad vial.

- Actualmente, durante periodos pico, la policía de tránsito controla las intersecciones semaforizadas en las principales vías manualmente, mientras que la eficiencia del control de los semáforos de tránsito, puede ser elevada por medio del mejoramiento del sistema de control de semaforización coordinada de tránsito.
- El objetivo más importante de una Semaforización Coordinada de Semáforos de tránsito es lograr el flujo continuo del tránsito vehicular motorizado, mediante un sistema de fases de los ciclos de semáforos óptimos con una flecha verde (ola verde) disminuyendo las demoras y las longitudes de colas de los diferentes modos de transporte obteniendo un mejor nivel de servicio.

La estructura de la presente investigación ha sido dividida en cuatro capítulos, adecuándonos al modelo de presentación exigida por la Escuela de Pregrado. En ese sentido, en el primer capítulo se presenta el Planteamiento del Problema en el que se describe la realidad problemática de las tesis de investigación como la formulación de la realidad problemática, la formulación del problema, justificación e importancia de la investigación, los objetivos e hipótesis y las variables e indicadores, el Capítulo II, contiene el Marco Teórico, con un desarrollo conceptual detallado de los conceptos fundamentales y necesarios para la presente tesis de PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAFICO VEHICULAR DEL JR.ABTAO CUADRAS 5, 6, 7 Y 8 DE LA CIUDAD DE HUANUCO - 2019.

El Capítulo III describe el Desarrollo del Trabajo de Tesis, se identifica el área en estudio, los diferentes componentes estáticos y dinámicos en el área en estudio determinándose los diagramas de Tiempo – Espacio para la

Sincronización Coordinada de Semáforos en Vía Arterial del Jr. Abtao – Huánuco.

El Capítulo IV presenta los Análisis, la simulación, Resultados de la Investigación y la Validación de la Hipótesis; Análisis que se desarrolla de la información obtenida en el Capítulo III los cuales conllevan a la realización de la simulación Sin Proyecto y con Proyecto, obteniéndose los Resultados de la Investigación para la Sincronización Coordinada de Semáforos en Vía Arterial Céntrica del Jr. Abtao – Huánuco y realizar una comparación entre la situación actual (sin proyecto) y los beneficios obtenidos en la situación futura (con proyecto), luego de aplicar la herramienta de simulación de Tránsito para la optimización de planes de semaforización, asignación de fases, distribución de tiempos de verde y desfases entre las intersecciones evaluadas, para lograr una coordinación de los semáforos como meta de la presente investigación, y así llegar a la Validación de la Hipótesis.

Luego se describen las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

Finalmente se detallan las fuente de referencia bibliográfica sobre las cuales, se sustentan lo conceptos técnicos del presente trabajo; y que en el texto se encuentran referenciados por el número de ubicación respectivo entre corchetes ubicados al final del documento.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

El desarrollo mundial cada vez más acelerado y globalizado, ha hecho del transporte de bienes y personas una necesidad creciente que requiere soluciones eficaces e integrales. El rápido incremento población concentrado en zonas urbanas, los extraordinarios avances tecnológicos en la fabricación de vehículos, las necesidades de movilidad y la integración generalmente deficiente de los sistemas de transporte público de pasajeros, la mejoría en los niveles de ingreso de las personas y las facilidades crecientes para adquisición de vehículos privados, presionan día tras día por una mayor oferta vial y por eficaces sistemas de control de tránsito. (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007)

Uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros de tránsito y transporte, es el de plantear, diseñar y operar los sistemas viales de manera eficiente, tal que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007)

En los periodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta a llegar a funcionar a niveles de congestión con las consiguientes demoras y colas asociadas. (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007)

Las intersecciones semaforizadas, representan un factor clave en la composición de las demoras en la trama urbana. Es por eso que resulta importante definir con la mayor precisión posible, el servicio que brinda este tipo de infraestructura y el impacto que tendrían determinadas modificaciones sobre el mismo. El cálculo de capacidad y nivel de servicio se determina en función de la relación demanda y oferta. La oferta depende del tiempo de verde efectivo y de la tasa de flujo de saturación, la que a su vez se calcula a partir de factores de corrección por falta de condiciones ideales. Desde hace varios años el grupo de trabajo ha venido realizando estudios relacionados con la adaptación de modelos de tránsito y transporte a las características propias de circulación en nuestra realidad, con el objetivo de poder estimar más adecuadamente las medidas de eficiencia correspondientes a las condiciones locales. El presente trabajo presenta una breve descripción del procedimiento empleado en el HCM 2010, para luego referir los estudios realizados para estimar las correcciones necesarias para el flujo de saturación (factores de corrección por vehículos pesados, por peatones, por paradas de ómnibus y otros) en la ciudad de Córdoba. Finalmente se efectúan las recomendaciones consideradas pertinentes para permitir una mejor aplicación a las condiciones locales del tránsito. (Albrieu & Galarraga, 2012)

Ortiz y Serrano (Ortiz & Serrano, 2006), presentan un modelo de simulación para la evaluación del desempeño de un Sistema de Transporte Público Masivo (STPM). El prototipo resultante es flexible, tanto en la construcción del "esqueleto" de un STPM, como para el modelamiento de los eventos aleatorios característicos de este tipo de sistemas. El modelo final es una red de colas complementada con elementos adicionales como matrices origen-destino y grafos, que permiten considerar fenómenos propios de un STPM. El modelo de simulación responde, como es esperado, ante los cambios en los parámetros, y permite definir y evaluar medidas de desempeño típicas de las líneas de espera, como por ejemplo, tiempos de permanencia promedio en el sistema y en cola, longitudes esperadas de las colas, junto con otras medidas características de este tipo de sistemas.

Las condiciones actuales de la movilidad en Colombia generan interrogantes acerca de qué tan apropiadas son las estrategias de control de tráfico aplicadas en las redes urbanas del país. Con esto en mente, se plantea una revisión de las estrategias de control y plataformas de simulación de sistemas de tráfico más utilizadas en Colombia y en otras partes del mundo; con el propósito de caracterizar el nivel de desarrollo del país en el estudio e implementación de estrategias de control de tráfico urbano y, posteriormente, formular

propuestas orientadas hacia la mejora de la movilidad urbana en el país. (Romero, Hernandez, Ibarra, & Ordoñez, 2009)

En el Perú, se viene realizando trabajos de consultoría de Diseño de Intersecciones Semaforizadas con simulación en forma individual con sincronización (Olas Verdes) que no varían con el tiempo (en los horarios de mayor flujo).

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente el creciente problema de congestión vehicular en el Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco (Ver Imagen N° 01), por razones como la falta de sincronización en las intersecciones semaforizadas, tiempos de ciclo no coordinado, el funcionamiento con el mismo diagrama de fases y ciclo durante todo el día, son causantes de demoras en las operaciones de los vehículos, además el mal uso de las vías por parte de los ciudadanos, dada la constante indisciplina entre vehículos públicos, particulares y peatones, infraestructura vial en mal estado (Ver Imagen N° 02), son las causantes que conllevan al congestionamiento vehicular.

Imagen N° 01: Congestión Vehicular Intersección Jr. Ayacucho y Jr. Huánuco



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 02: Infraestructura Vial en mal estado Intersección Jr. Abtao y Jr. Ayacucho



Fuente: Elaboración Propia

Los tiempos de viaje Origen Destino (O-D) de los usuarios de los diferentes Modos de Transporte es ignoto, debido a que en cada Intersección se presentan diferentes tiempos de demoras por la falta de una adecuada sincronización en las intersecciones semaforizadas, generando atrasos para llegar a sus respectivos destinos.

En el Jr. Abtao de la Ciudad de Huánuco, se presentan bajos niveles de servicio en las Intersecciones Semaforizadas, debido a la inadecuada sincronización entre ellos y/o a que los tiempos de ciclos de cada semáforo no consideran el flujo vehicular de las calles transversales.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

¿Cómo mejorar los Niveles de Servicios en Intersecciones de Vías Urbanas Mediante La Coordinación de Tiempos de Ciclos Óptimos - Caso Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 5,6,7 y 8 de la ciudad de Huánuco?

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el Volumen de los diferentes Modos de Transporte en las Intersecciones Semaforizadas del Jr. Abtao Cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco?

- ¿Cuáles son los tiempos de ciclos de los semáforos en las Intersecciones del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco?
- ¿Cuáles son las demoras del flujo vehicular en las Intersecciones Semaforzadas en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06,07 y 08 de la ciudad de Huánuco?
- ¿Cuáles son los Niveles de Servicio de las Intersecciones Semaforzadas en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Este estudio se justifica metodológicamente porque nos permitirá aplicar procedimientos en cuanto a la simulación del tráfico con el software Vissim 11, esto nos ayudara a recrear y detectar los problemas de tráfico presentes, con el objetivo de proponer una propuesta de solución y con esta predecir el comportamiento esperado en la zona de estudio. Para este proyecto se realizara la recolección de los datos necesarios en cuanto al estudio de tráfico y capacidad vial, para así realizar una simulación acorde a la realidad actual y con esto poder obtener resultados verídicos.

IMPORTANCIA

Este proyecto tiene importancia social debido a que busca proponer una solución al problema de tráfico vehicular que afectan a los conductores y peatones que circulan por el Jr. Abtao cuadras 5, 6 ,7 y 8, con la finalidad de mejorar la calidad de viaje, disminuir los tiempo de demora. La forma más común de regular el tránsito es mediante semáforos, así mismo también es la forma más económica. Por ello es importante realizar una Sincronización adecuada mediante una simulación de Tránsito para reducir las demoras en el tiempo de viaje, beneficiando a los usuarios de red vial y a los usuarios de los diferentes modos de transporte.

1.5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Sincronizar los tiempos de ciclo coordinados para la Simulación de Tráfico Vehicular de las Intersecciones Semaforizadas en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el Volumen de los diferentes Modos de Transporte en las Intersecciones Semaforizadas del Jr. Abtao Cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco.
- Determinar los tiempos de ciclos de los semáforos en las Intersecciones del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08.

- Determinar las demoras del flujo vehicular en las Intersecciones SemafORIZADAS en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06,07 y 08 de la ciudad de Huánuco.
- Determinar los Niveles de Servicio de las Intersecciones SemafORIZADAS en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco.

1.6. HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL

Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos reflejados en una simulación de Tráfico; se logrará reducir la demora por vehículo y optimizar el Nivel de Servicio; en las Intersecciones SemafORIZADAS en la Vía Arterial del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco, determinando así la alternativa óptima de semaforización.

HIPOTESIS ESPECÍFICA

- El volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, es alto.

- Los tiempos de ciclos de los semáforos en el Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, no son sincronizados.
- Las demoras del flujo vehicular en las intersecciones semaforizadas del Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, son altas.
- Los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas en la vía arterial del Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, son de nivel E.

1.7. VARIABLES E INDICADORES

INDEPENDIENTE.- Modos de Transportes, Tiempos de Ciclos, Demoras en Intersección Semaforizadas, Nivel de Servicio.

DEPENDIENTE.- Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.

TABLA N° 01. Variables Independientes “X” – Variables Dependientes “Y”

VARIABLES INDEPENDIENTES “X”	INDICADORES DE LA VARIABLE “X”	UNIDAD DE MEDIDA DE LA VARIABLE “X”
X₁. Modos de Transporte	X _{1.1} : Cantidad de Vehículos de cada Modo de Transporte.	Número de Vehículos.
X₂. Tiempos de Ciclos	X _{2.1} : Tiempos de Verde, Ámbar y Rojo de Semáforos.	Unidad de Tiempo (seg).
X₃. Demoras y Nivel de Servicio	X _{3.1} : Cantidad de Vehículos en un Determinado Tiempo	Número de Vehículos por Unidad de Tiempo

VARIABLES DEPENDIENTES “Y”	INDICADORES DE LA VARIABLE “Y”	UNIDAD DE MEDIDA DE LA VARIABLE “Y”
Y₁. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.	Y _{1.1} : Se alcanzara reducir la demora por vehículo y optimizar el Nivel de Servicio; en las Intersecciones Semaforizadas en la Vía Arterial Céntrica del Jr. Abtao cuadras 05, 06, 07 y 08 de la ciudad de Huánuco.	Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto tiene como alcance las intersecciones generadas a lo largo del Jr. Abato cuadras 5, 6, 7 y 8. El lugar de estudio está en el distrito de Huánuco.

El control del tráfico está dado por semáforos de 3 fases.

El software Vissim 11.0 se emplea para el desarrollo de la microsimulación del proyecto, no se debe extrapolar los resultados obtenidos a versiones anteriores o posteriores, pues no cuentan con las mismas características de la versión empleada.

El tráfico vehicular dentro de las intersecciones varían con el paso del tiempo, como limitación se tiene el tiempo requerido para el aforo vehicular, por lo que la toma de datos para la construcción del modelo se realizó el día martes 16, miércoles 17 y jueves 18 de Abril del 2019, cuando la demanda de los usuarios es constante debido a que el funcionamiento de colegios, universidades y otras instituciones educativas son normales. Por lo tanto, las diferentes

medidas de mejoras para el proyecto podrían variar según el periodo del año en que sea analizado.

1.9. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

CUANTITATIVO.- Se cuantificaran y medirán las variables.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AFOROS

Los aforos vehiculares son los conteos de los vehículos que pasan por determinados arcos de red.

Aforos Manuales: Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas. El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales. Durante periodos de tránsito alto, es necesaria más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información.

Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante **días representativos** de un día de la semana típico (**martes, miércoles y jueves**) a menos

que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana. (Garber & Hoel, 2004).

2.2. CARACTERISTICAS DEL FLUJO VEHICULAR

De acuerdo al HCM 2010, el volumen de la circulación varía a la vez en el espacio y en el tiempo, estas variaciones son determinadamente críticas y dado que los volúmenes de tráfico no presentan una distribución uniforme a lo largo del día, normalmente las distintas vías se proyectan para puedan hacer frente a las demandas punta que tienen un periodo breve de 15 minutos o una hora.

Para los análisis de capacidad y diferentes estudios de tráfico se toma en cuenta la hora punta debido a que es el periodo más crítico para la circulación, por eso como señala el HCM 2010 “**las vías urbanas presentan una escasa variación en el tráfico de hora punta.** La mayoría de los que las utilizan son trabajadores que realizan el mismo itinerario diariamente o usuarios habituales, y por ello tienen un tráfico ocasional, o producido por acontecimientos singulares, mínimo. Aún más, **muchas vías urbanas alcanzan su capacidad en cada hora punta, y por consiguiente su posible variación se ve fuertemente limitada.**

En muchas zonas urbanas ambos periodos punta, el de la mañana

y el de la tarde, presentan una duración de más de una hora”.

(Transportation Research Board, 2010)

2.3. CONGESTIÓN DEL TRÁNSITO

Técnicamente, congestión de tránsito es la situación que se crea cuando el volumen de demanda de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos. También se dice que hay congestión cuando la interacción vehicular es tan intensa que impide que los usuarios de una vía puedan circular por ella cómodamente y sin demoras excesivas; pero preferimos la definición técnica por ser menos ambigua. Para que se produzca la congestión, es preciso que haya un aumento del volumen de demanda o una disminución del volumen máximo posible, con respecto a la situación que existía cuando no había congestión. Estos cambios pueden ocurrir a lo largo de la vía o a lo largo del tiempo. El primer caso sucede cuando el volumen máximo posible en el punto de la vía considerado es menor que el que existe corriente arriba de este punto en la vía o vías que conducen hasta allí el volumen de demanda. En ese punto ocurre lo que se suele llamar “embotellamiento” Cuando el volumen de demanda empieza a rebasar el volumen máximo posible, la congestión se inicia en el punto de “embotellamiento”, pues de otro modo empezaría corriente arriba.

Ejemplos frecuentes de este caso son el comienzo de una pendiente fuerte o curva cerrada, o bien la confluencia de dos o más corrientes vehiculares en el punto considerado. El segundo caso sucede, por ejemplo, cuando aumenta la demanda de viajes, inesperadamente o no, o cuando el mal tiempo o cualquier otra circunstancia reduce la velocidad de la corriente vehicular y/o alarga las brechas entre vehículos. Sin embargo, también en este caso la congestión suele manifestarse primero en puntos de “embotellamiento”, pues los cambios en demanda u oferta de tránsito son, en general, graduales y la congestión alcanza primero esos puntos aunque luego se propague corriente arriba y se vaya disipando corriente abajo.

2.4. VELOCIDAD

La velocidad es una magnitud física de carácter vectorial que expresa el desplazamiento de un objeto por unidad de tiempo. Se la representa por \vec{v} o V .

Sus dimensiones son $[L] / [T]$. Su unidad en el Sistema Internacional es el m/s. En virtud de su carácter vectorial, para definir la velocidad deben considerarse la dirección del desplazamiento y el módulo, al cual se le denomina celeridad o rapidez.

2.4.1. Velocidad Instantánea

La velocidad instantánea de un móvil es la que posee en un punto de su Trayectoria.

2.4.2. Velocidad de Recorrido

Se define la velocidad de recorrido como la velocidad media de un vehículo al recorrer un tramo de carretera. Esta medida es utilizada para estimar la calidad del servicio del tramo estudiado. Al calcularse como longitud del tramo de carretera recorrido dividido entre el tiempo invertido en recorrerlo

2.4.3. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Es el tráfico medio que recorre la vía por un día durante un cierto período de tiempo, que generalmente es un año, una semana, un mes.

2.4.4. Volumen De Tráfico

Número de vehículos que pasan por una sección de vía o un carril durante una unidad de tiempo. Puede ser una hora, día, una semana un mes o un año.

Volumen Horario de Diseño (VHD): Es el volumen horario futuro utilizado para diseño. Por lo general se usa el trigésimo volumen horario más alto para el año futuro de diseño. (Cardenas Grisales, 2000)

2.5. MÉTODOS EMPLEADOS EN CAMPO PARA ESTIMAR LOS TIEMPOS DE RECORRIDO VEHICULAR

Dos son los métodos que se emplean normalmente en campo para obtener los tiempos de recorrido vehicular. En ambos casos, al realizar

el muestreo, es posible obtener los tiempos de recorrido promedio por tipo de vehículo y de toda la muestra vehicular.

A continuación se describen el método de placas y el de vehículo flotante, exponiéndose las bondades y desventajas de cada uno.

2.5.1. Método De Placas

El método de placas consiste en colocar dos brigadas por sentido de circulación en cada uno de los tramos en que se realice la medición, integradas por dos personas. Las brigadas deberán ubicarse en lugares estratégicos del tramo, de tal suerte que una persona tome la lectura de la placa y otra con cronómetro en mano la hora de lectura, estos sitios pueden ser la entrada o salida de la estación Origen-Destino, los reductores de velocidad por el paso por poblaciones, etc.

La realización de la encuesta O-D, no es una condición necesaria para llevar a cabo los estudios de tiempo de recorrido, ya que éstos pueden realizarse por separado. El número de brigadas, dependerá del número de tramos en que se seccione la carretera para realizar los estudios de tiempos de recorrido y velocidades de operación, colocando cuatro brigadas por tramo, dos por sentido de circulación. La información que deberá asentar cada integrante de la brigada en los formatos establecidos para su estudio son: nombre de la carretera, identificación del tramo, fecha, hora de inicio y hora de terminación de la lectura, tipo

de vehículo, número de matrícula (placa) y hora en que pasa por el punto de lectura.

Al revisar los números de matrícula, se seleccionan aquellos que coinciden en ambos puntos de lectura del tramo, se clasifican por tipo de vehículo y se obtiene el tiempo de recorrido promedio por sentido de circulación en el tramo, a partir del cual puede ser estimada la velocidad de operación promedio.

Para obtener la **velocidad de operación y tiempo total de recorrido** de la carretera o de toda la ruta, se obtiene la velocidad ponderada por tipo de vehículo y a partir de ella el tiempo total de recorrido.

2.5.2. Método Del Vehículo Flotante

El método del vehículo flotante, consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo. Los responsables del estudio de campo realizan esta medición por persecución, es decir se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando. Cuando se trate de vehículos de pasajeros, los responsables de medir los tiempos de recorrido se incorporan como usuarios en el vehículo objeto de la muestra, cronometrando los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros, y tiempo para tomar algún refrigerio).

El cálculo del tiempo de recorrido en una red en la que se presenta la situación de ruta con proyecto (situación deseable o futura), se realiza

en gabinete con base en la velocidad de proyecto, misma que dependerá de las características geométricas de los tramos que integran la nueva ruta.

Cuando se analiza una red con varias alternativas de viaje ya existentes, el análisis se realiza a partir de la comparación de los tiempos de recorrido de las distintas alternativas. La alternativa que acuse menor tiempo de recorrido, será considerada como la ruta con proyecto, y las restantes constituirán en su momento las rutas en la situación actual.

Cuando la relación entre tiempos de recorrido de dos alternativas en estudio es igual a 1, la distribución desde el punto de vista teórico sería igual para cada uno de los arcos considerados, es decir se asignaría el 50% a cada una de las rutas en análisis.

En estricto sentido, bajo las mismas condiciones de operación y cuando los tiempos de recorrido de dos alternativas son iguales, la distribución del tránsito es de 50% para cada una de ellas. (Torres Vargas & Perez Sanches, 2002)

2.6. LONGITUDES DE COLAS DE LOS VEHÍCULOS

La longitud de cola de los vehículos se determina basadas en la teoría de las colas las que consiste en Utilizar la estadística y ciertas asunciones sobre el proceso de servicio. Permite estimar, a partir de las tasas de llegada de los clientes (ya sean vehículos o personas) y

de la velocidad de atención de cada canal de servicio, la longitud de cola y el tiempo promedio de atención. La tasa de llegada de los clientes debe analizarse para conocer, no solamente su intensidad en número de clientes por hora, sino su distribución en el tiempo.

Se ha hallado, experimentalmente que la distribución de Poisson y las distribuciones geométricas reflejan bien la llegada aleatoria de clientes y la llegada de clientes agrupados, respectivamente.

La teoría de colas se basa en procesos estocásticos.

2.7. DEMORAS EN TIEMPOS DE VIAJES

Demoras, es el tiempo perdido en un viaje que un vehículo realiza de un punto a otro debido a la concentración del tráfico. Puede ser por Congestión o por Intersección. Los dos tipos de demora representan un tiempo gastado o no productivo, y esto puede ser convertido a valor monetario, el cual demostrará el costo hacia la comunidad por efectos de una vía inadecuada.

Demoras por Congestionamiento. Es el tiempo adicional por los vehículos cuando viajan bajo la velocidad crítica – velocidad razonable. Se produce por vehículos estacionados, carriles muy angostos, altos volúmenes de tráfico.

Demoras por Intersección. Es producido por las demoras causadas por todas las aproximaciones a una intersección dada, frecuentemente

se miden estas demoras para evaluar ciertos efectos como: Diseño Geométrico de ciertas intersecciones, y tipos de control.

2.8. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

2.8.1. Capacidad en Intersecciones Semaforizadas

La capacidad de intersecciones con semáforo se define para cada acceso, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. Se miden vehículos por hora (vhp) con base en flujos que tienen períodos picos de 15 minutos.

Las condiciones prevalecientes del tránsito incluyen los volúmenes por tipo de movimiento (izquierda, recto, derecha), su composición vehicular (automóviles, buses camiones), maniobras de estacionamiento, conflictos peatonales y paradas de autobuses.

Las condiciones prevalecientes de la calle describen las características geométricas de los accesos en términos de número y ancho de carriles, pendientes y uso de carriles incluyendo carriles de estacionamiento.

Las condiciones prevalecientes del semáforo incluyen la secuencia de fases, asignación de tiempos y el tipo de operación o control.

Entonces, para el análisis de la capacidad se debe calcular la relación volumen a capacidad (v / c) para movimientos críticos en carriles simples o grupos de carriles en todo el acceso. La relación se determina

dividiendo, para los 15 minutos pico, el flujo actual y del acceso o grupo de carriles de un acceso que carga un conjunto de flujos vehiculares, formado con base en las características geométricas del acceso y en las características de los flujos vehiculares.

2.8.2. Niveles de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

El nivel de servicio de intersecciones semaforizadas es definido en términos de la demora, la cual es una medida de la disconformidad del conductor, frustración, consumo de combustible y el tiempo perdido de viaje.

La demora experimentada por el conductor es hecha sobre un número de factores que relacionan el control, la geometría, el tráfico y los incidentes. La demora total es la diferencia entre el tiempo actual experimentado y el tiempo de viaje de referencia que resultaría de condiciones ideales: es decir, en ausencia de control de tráfico, en ausencia de demora por geometría, en ausencia de algún incidente y cuando no hay otros vehículos en la vía.

La demora es también llamada control de demora. Este incluye la demora por deceleración, tiempo de movimiento de fila, demora por paradas y demora final por aceleración; así mismo, el control de demora también puede ser referido a la demora de la señal.

Específicamente, el criterio de nivel de servicio para semaforización de tráfico está establecido en términos de promedio de control de demora

por vehículo, típicamente para un periodo de análisis de 15 minutos. El criterio esta dado en la Tabla N° 02. La demora puede ser medida en el campo o estimada usando los procedimientos señalados más adelante. La demora es un cálculo complejo y es dependiente de un número de variables incluyendo la calidad de la progresión, la duración del ciclo, la razón de verde y la relación v/c para el grupo de vías en cuestión.

TABLA N° 02. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN	DEMORAS (seg)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	< = 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	> 10 - 20
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales empiezan a fallar.	> 20 – 35
D	Un ciclo largo a y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	> 35 - 55
E	Es el limite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	> 55 - 80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos demasiados largos.	> 80

Fuente: HCM 2010

2.9. SEMAFORIZACIÓN

2.9.1. INTRODUCCIÓN

El semáforo es un aparato de funcionamiento electromagnético proyectado de modo específico para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, con indicaciones visuales en el camino. Su finalidad principal es la de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. Se recomienda que la cara de todo semáforo debe tener por lo menos tres lentes: Rojo, ámbar, y verde; y cuando más, cinco lentes: Rojo, ámbar, flecha de frente, flecha izquierda y flecha derecha.

Se consideran Intersecciones semaforizadas las que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen las prioridades de paso por la intersección. La semaforización de intersecciones puede ser un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte.

2.9.2. FASES DE LOS SEMÁFOROS

2.9.2.1. Definiciones

Los términos que se definen a continuación se usan a menudo en esta sección. (Secretaría de Desarrollo Social, 2002)

Calle Principal: Es el acceso o accesos de una calzada en una intersección que normalmente tiene el volumen mayor de tránsito.

Calle Secundaria: Es el acceso o accesos de una calzada en una intersección que normalmente tiene volumen menor de tránsito.

Ciclo: Tiempo total que requiere una sucesión completa de los intervalos de un Semáforo.

Fase: Es una parte del ciclo donde se le asigna el derecho de vía a un flujo de movimientos no conflictivos entre sí.

Intervalo: Cualquiera de las distintas divisiones de un ciclo durante el cual las indicaciones de semáforo no cambian.

Secuencia de Fase: Orden predeterminado en el que ocurren las fases de un ciclo.

Flujo de Saturación: Es el número de vehículos por hora que pueden pasar por un carril de una intersección suponiendo que siempre este en la fase verde. Es el parámetro por el cual se define el número total de vehículos evacuados en una intersección por hora de tiempo verde. Este permite calcular el tiempo verde efectivo necesario para obtener el ciclo óptimo de los semáforos.

2.9.2.2. Consideraciones para las Fases

El número de fases de un semáforo depende de la complejidad de la intersección. El número de fases tiene un rango que varía entre dos fases (el más simple) hasta ocho fases (el más complicado). La eficiencia de una intersección semaforizada decrece cuando el número de fases se aumenta.

En los arreglos de las fases para un semáforo se deben tener las siguientes consideraciones. (Secretaría de Desarrollo Social, 2002)

- a. El volumen del movimiento a la izquierda.
- b. El volumen del movimiento de frente que es opuesto a la vuelta a la izquierda.
- c. Accidentes.
- d. La disponibilidad de carriles exclusivos adecuados para vueltas a la izquierda.
- e. La operación del sistema, la forma en que los arreglos de las fases se relacionan con la operación coordinada con otras Intersecciones semaforizadas.
- f. Actividad de peatones

Los volúmenes de vuelta a la izquierda tienen un efecto obvio en la selección de fases. Si los volúmenes de los movimientos a la izquierda son bajos, no se requiere una fase exclusiva a la izquierda

(cuando se permitan las vueltas a la izquierda durante la fase verde para los movimientos de frente). Los volúmenes opuestos también determinan la necesidad de fases exclusivas a la izquierda.

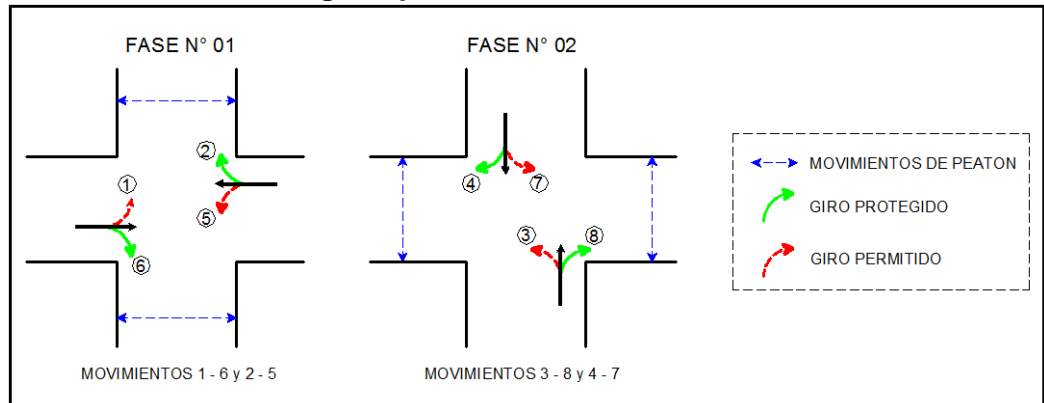
En el caso de accidentes: cuatro accidentes de vueltas a la izquierda por año justifican la implementación de una fase exclusiva a la izquierda.

La existencia de carriles exclusivos para las vueltas a la izquierda juega un papel muy importante en la selección de las fases.

Las fases de un semáforo en particular deben ser compatibles con la progresión del sistema.

2.9.2.3. Arreglo de Fases

Dos Fases.- Normalmente se usan arreglos de dos fases cuando los volúmenes de vuelta a la izquierda son bajos o en calles de un solo sentido (nuestro caso en estudio). La Figura N° 01 muestra un arreglo típico de dos fases.

FIGURA N° 01. Arreglo Típico de Dos Fases

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaría de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

2.9.3. TIPOS DE CONTROLADORES PARA SEMÁFOROS

Un controlador de semáforo es un dispositivo que controla las indicaciones de paso en una intersección. Existen básicamente dos tipos de unidades de control en uso en estos días, (Valencia Alaix, 2000):

- a. La de tiempo fijo (Pre - Timed, que es la que vamos a estudiar en la presente investigación, para la coordinación de semáforos de tiempo fijo en progresión).
- b. La actuada por el tráfico (Traffic - Actuated).

2.9.3.1. El Control de Tiempo Fijo (Pre -Timed)

Bajo estas condiciones, se asigna el derecho de paso o prioridad en una intersección de acuerdo a un programa predeterminado. La

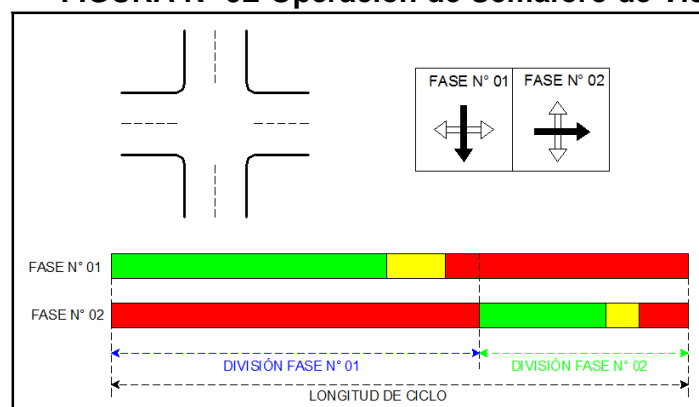
secuencia del derecho de paso (fases o repartos), y la longitud del intervalo de tiempo para cada indicación del semáforo en el ciclo es fija, basado en comportamientos históricos de tráfico. Los elementos principales de un controlador de tiempo fijo son:

- Longitud del tiempo de ciclo fijo,
- Longitud de fase fija, y
- Número y secuencia de fases.

Estos ajustes ocurren en concordancia con las mediciones realizadas In Situ, de la demanda de tráfico ubicados en una o más aproximaciones de la intersección, para llegar a la coordinación de los semáforos para un flujo vehicular con demoras minimizadas.

La Figura N°02, muestra la operación del ciclo para una secuencia básica de dos fases o dos movimientos de tráfico con una unidad de control de tiempo fijo.

FIGURA N° 02 Operación de Semáforo de Tiempo Fijo



Fuente: Elaboración Propia

Ventajas de Semáforos de Tiempo Fijo

- **Facilitan la coordinación** con semáforos adyacentes, con más precisión que en el caso de semáforos accionados por el tránsito.
- No dependen de los detectores, por lo que no se afectan desfavorablemente cuando se impide la circulación normal de vehículos por los detectores.
- En general, el costo del equipo de tiempo fijo es menor que el del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla y económica.

2.9.3.2. Control de Semáforo de Tráfico Actuado (Traffic - Actuated).

El control de tráfico actuado de intersecciones aisladas intenta ajustar los tiempo de verde continuamente, y, en algunos casos, la secuencia de las fases. Estos ajustes ocurren en concordancia con las mediciones en tiempo real, de la demanda de tráfico de los detectores vehiculares ubicados en una o más aproximaciones de la intersección. El rango completo de capacidades de control actuado depende del tipo de equipamiento empleado y de los requerimientos de operación.

2.9.3.3. Selección de Mecanismos de Control de Tiempo Fijo

Se tienen los siguientes mecanismos

a) Controlador de tiempos fijos sin mecanismo de sincronización para intersecciones aisladas.

El uso de este tipo de control, se recomienda únicamente en aquellas intersecciones aisladas en donde no es posible que se presente la necesidad de sincronizarlo con el de otra intersección.

b) Controlador de tiempos fijos con mecanismo de sincronización, para intersecciones aisladas.

Este tipo de control tiene un dispositivo o función de sincronización, para intersecciones aisladas, cuando:

- En el futuro, se necesite la coordinación del semáforo con otros, o el semáforo sea supervisado por un control maestro.
- Sean aceptables las duraciones fijas de ciclos y de intervalos, todo el tiempo que dure la operación de control de tránsito.

c) Control que permite coordinación para intersecciones sucesivas o una red.

En general, los semáforos de tiempos fijos deben coordinarse si se encuentran a distancias menores de 400 metros, y aún a distancias mayores su coordinación puede resultar conveniente.

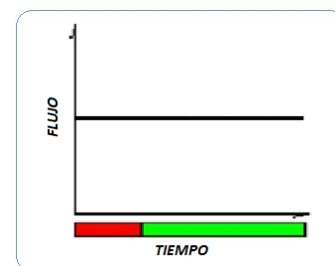
En la operación aislada de semáforos de tiempos fijos, en intersecciones adyacentes, pueden resultar graves demoras, gran parte de las cuales se puede evitar por medio de una coordinación bien planeada. Sin embargo, en ciertas condiciones adversas que pudieran afectar la eficacia de la coordinación, se pueden obtener mejores resultados por medio de semáforos accionados por el tránsito vehicular, ya sea independientemente o en forma coordinada.

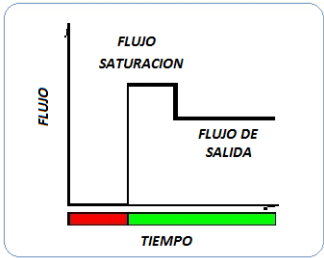
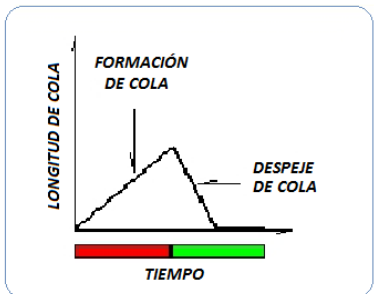
2.9.4. TEORÍA Y CONCEPTOS

2.9.4.1. Teoría de Colas

La teoría de colas provee el diseño de ingeniería con un modelo de flujo de tráfico que puede ser usado en el diseño de semaforización de una intersección. Considerando una situación simple en la cual, el tráfico está arribando a la aproximación de una intersección en forma uniforme, con iguales y constantes avances entre cada vehículo. Este índice de flujo constante se muestra en la siguiente figura N° 03.

FIGURA N° 03 Flujo de Llegada Constante



<p>Durante el intervalo de rojo para cada aproximación, los vehículos no pueden salir de la intersección y en consecuencia, se forma una cola de vehículos. Cuando el semáforo cambia a verde, los vehículos salen del índice de saturación del flujo hasta que la cola es despejada. Una vez que la cola es despejada, el ratio de flujo de salida es igual al ratio de flujo de llegada. La Figura N° 04 ilustra este comportamiento.</p>	<p>FIGURA N° 04 Flujo de Salida vs. Tiempo</p> 
<p>El efecto combinado de los ratios de flujo de las llegadas y salidas se ilustra graficando la longitud de cola versus el tiempo. Durante el intervalo de rojo, la fila de vehículos que espera en la intersección comienza a incrementarse. La longitud de cola experimenta su máxima longitud al final del intervalo de rojo. Cuando el semáforo cambia a verde, la cola comienza a despejarse saliendo de la intersección hasta el índice de saturación del flujo. Vea la Figura N° 05.</p>	<p>FIGURA N° 05 Longitud de Cola vs. Tiempo</p> 

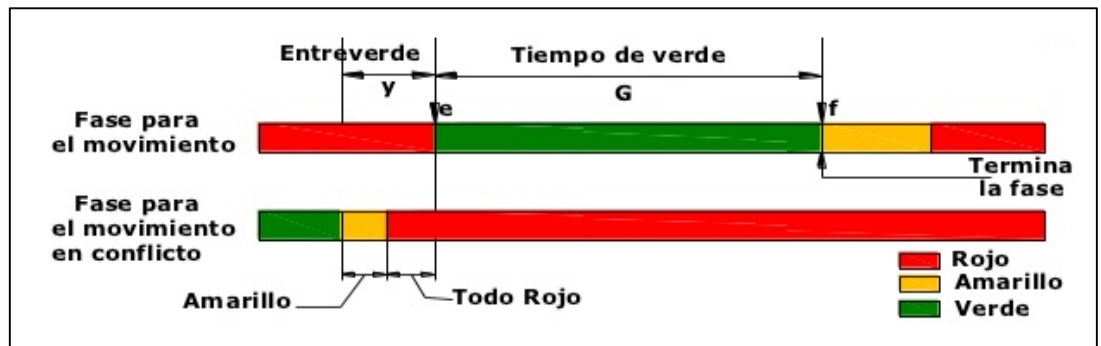
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

2.9.4.2. Tiempo de Entre Verde

Entre verde = Amarillo + Todo Rojo

Período que va desde que termina la verde para el movimiento que pierde derecho a vía, hasta el inicio de la verde para el movimiento siguiente en la secuencia de fases. Está compuesto por un tiempo de amarillo y un período todo rojo (que puede existir o no), se esquematiza en la Figura N° 06.

FIGURA N° 06 Tiempo de Entreverde (y)



Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

La indicación amarilla del semáforo sirve para prevenir a los conductores que otra fase pronto va a recibir el derecho de paso. El intervalo de entreverde, por tanto, debería ser lo suficientemente largo para permitir que los vehículos que son más grandes que la distancia de parada puedan frenar fácilmente. Asimismo, el intervalo de entreverde también debe permitir que los vehículos que se encuentran más allá de un punto donde no puedan retornar continúen atravesando la intersección con seguridad.

Este tema se denomina **“El Concepto de la Zona de Dilema”**. Si el tiempo de entreverde es demasiado corto, solo aquellos vehículos que se encuentran cerca de la intersección estarían en condiciones de continuar su paso con seguridad. Asimismo, solo los vehículos que se encuentran razonablemente distantes tendrían un

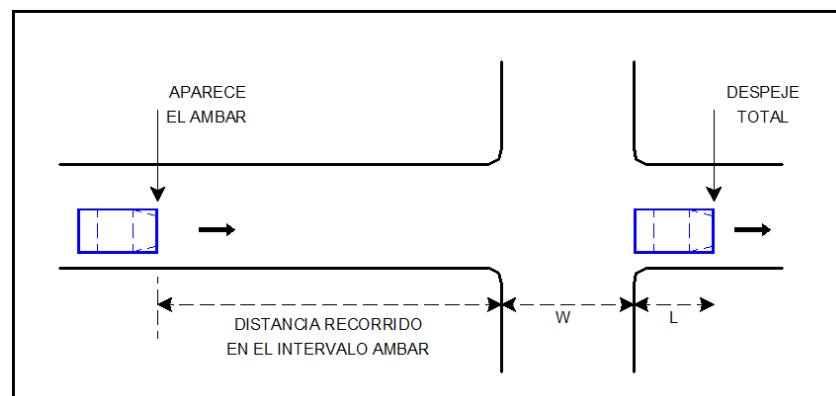
tiempo adecuado para reaccionar a la señal de parada del semáforo. Aquellos quienes se encuentran por entrar en la “zona de dilema” o no tendrán tiempo suficiente para detenerse o para cruzar la intersección con seguridad.

Primero, vamos a calcular la distancia mínima de parada. La ecuación para esta distancia se presenta a continuación:

Intervalo de Cambio de Fase:

La función del intervalo de cambio de fase, es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección del derecho al uso de la intersección. Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de reacción del conductor, tiempo y espacio de deceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección, de acuerdo a la figura N° 07, (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007).

FIGURA N° 07. Intervalo de Cambio de Fase.



Intervalo de Cambio de Fase = Ámbar + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \quad \text{Ecuación (01)}$$

Dónde:

y = intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (2/3 - 1 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de deceleración.

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo predominante (2.65 m)

En la Ecuación 01 y en la Figura N° 07, el término $v/2a$ representa el tiempo necesario para recorrer la distancia de parada con deceleración a y velocidad v , y el término $(W+L)/v$ es el tiempo para cruzar la intersección. Los dos primeros términos, $t+v/2a$, identifican el intervalo de cambio ámbar y el tercer término, $(W+L)/v$, se asocia al intervalo de cambio todo rojo.

Distancia Mínima de Parada Segura (Dp):

$$D_p = d_p + d_r + d_f \quad \text{Ecuación (02)}$$

Dónde:

d_p = distancia recorrida durante el tiempo de percepción.

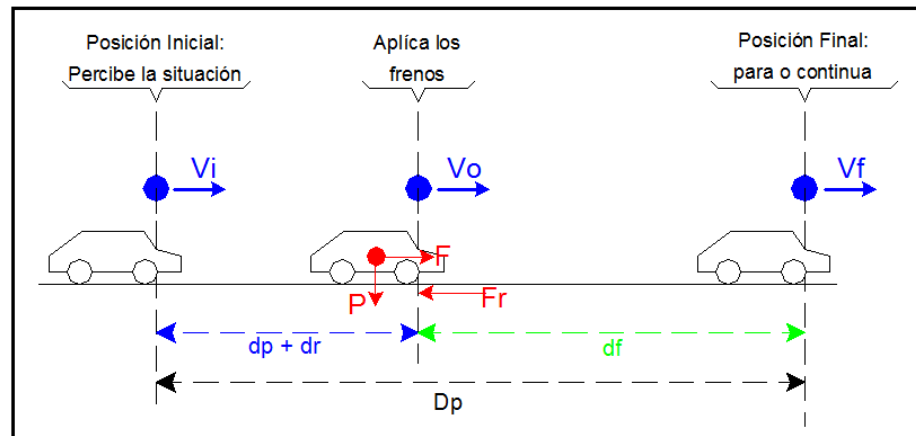
d_r = distancia recorrida durante el tiempo de reacción.

d_f = distancia recorrida durante el tiempo de frenado.

$d_{pr} = d_p + d_r$: distancia recorrida durante los tiempos de percepción y reacción.

Los diferentes componentes para el cálculo de la distancia de parada D_p , se esquematizan en la Figura N° 08.

FIGURA N° 08 Distancia Mínima de Parada Segura de una Vehículo



De la Ecuación (02)

$$D_p = d_{pr} + d_f$$

$$D_p = 0.274 \times V_o \times t_r + V_o^2 / (254 \times [f \pm G]) \quad \text{Ecuación (03)}$$

Dónde:

D_p = Distancia mínima de parada segura (m)

V_o = Velocidad inicial (km/h)

t_r = Tiempo de Percepción/Reacción (seg), (0.50 – 4.00 seg – AASHTO, para $t_r = 2.5$ seg quedan incluidas las características

de la mayoría de los conductores. (American Association of State Highway and Transpor, 2004)

f = Coeficiente de fricción

G = Pendiente, en porcentaje

Luego, calculamos el tiempo requerido para que un vehículo que circula pueda atravesar la distancia mínima de parada segura y desalojar la intersección.

Tiempo de Desalojo de la Intersección:

$$T = 3.6 \times (D_p + L + W) / V_o \quad \text{Ecuación (04)}$$

Dónde:

T = Tiempo de desalojo de la intersección (seg)

V_o = Velocidad inicial (km/h)

L = Longitud del vehículo (mt)

D_p = Distancia mínima de parada segura (mt)

W = Ancho de la intersección (mt)

Tiempo de Cruce de Peatones:

$$PCT = W / V \quad \text{Ecuación (05)}$$

Dónde:

PCT = Tiempo de cruce de peatones (seg)

W = Ancho de la intersección (ft o mt)

V = Velocidad del peatón (usualmente 4 ft/seg o 1,22 mt/seg)

Una vez que se haya considerado la seguridad tanto para los peatones como para los motoristas para la fase dada, se puede elegir el tiempo de entreverde. El tiempo de entreverde puede ser

igual tanto al tiempo de cruce peatonal como al tiempo de despeje de la intersección.

Como sabemos, el tiempo de entreverde está compuesto por el intervalo de amarillo y el intervalo de todo rojo. La colocación del tiempo de entreverde para estos intervalos por separado es un tema que debe ser resuelto por las condiciones locales. En algunas áreas, el tiempo de amarillo ha sido estandarizado para varias velocidades. Una opción distinta es colocar todos los períodos de entreverde calculados como intervalo de amarillo. Se podría tomar luego un período de todo rojo como una pequeña seguridad extra. Esto, sin embargo, podría incrementar las demoras en la intersección.

La velocidad de caminata de 4 ft/seg (1,22 m/seg), es citada por el MUTCD (*Manual on Uniform Traffic Control Devices – MUTCD 4D-7 de los Estados Unidos*) como “normal”. Existen, sin embargo, varias categorías dentro de la población general que caminan en un índice más lento. Por ejemplo, algunas mujeres caminan más despacio que los hombres, los chicos muy jóvenes, los ancianos y los discapacitados también caminan más despacio. Investigaciones sobre las características peatonales verifican que más del 60% de los movimientos peatonales se hacen a menos de 4 ft/seg (1,22 m/seg) y el 15% camina por debajo de 3.5 ft/seg (1,07 m/seg).

Aunque esto podría implicar que se debería utilizar la velocidad de caminata de 3.5 ft/seg (1,07 m/seg), muchos ingenieros argumentan que este índice tan bajo crea tiempos de ciclo más largos que resultan en una mayor demora vehicular.

2.9.4.3. Tiempo de Cruce Peatonal, Intervalo de Verde

Mínimo

El tiempo de cruce peatonal es útil como una obligación en el tiempo de verde colocado en cada fase del ciclo. Los peatones pueden cruzar con seguridad mientras no exista ningún movimiento en conflicto ocurriendo al mismo tiempo. Los volteos a la izquierda y derecha permitidos son una excepción común a la regla. Esto permite cruzar a los peatones la intersección en ambos intervalos de verde y de entreverde. De este modo, la suma del intervalo de verde y de entreverde, para cada fase, debe ser lo suficientemente larga como para acomodar los movimientos peatonales que ocurren durante esa fase.

En este punto, surgen dos condiciones separadas. **Si se tiene una intersección en la cual los movimientos peatonales no están asistidos por un semáforo peatonal**, se necesita estar seguro que el intervalo de verde provisto para los vehículos va a servir también

a los peatones. En este caso, **el intervalo de verde mínimo se encuentra entre los 4 y los 7 segundos.**

2.9.4.4. Índice de Saturación del Flujo y Capacidad

Índice de Saturación del Flujo:

El índice de saturación de flujo puede ser definido con el siguiente escenario:

Asumamos que el semáforo de la aproximación de una intersección estuviera en verde por una hora completa, y el tráfico estuviera tan denso como razonablemente se pueda esperar. El número de vehículos que pasarían de frente por la intersección durante esa hora en el índice de saturación del flujo.

Obviamente, algunos aspectos del tráfico y de la vía tendrán efecto sobre el índice de saturación del flujo en la aproximación. Si la aproximación tiene carriles muy angostos, el tráfico naturalmente proporciona brechas más largas entre vehículos, lo cual reducirá el índice de saturación del flujo. Si se tiene muchos movimientos de volteo, o un gran número de camiones y buses, el índice de saturación del flujo también se reducirá.

Poniéndolo de otra manera, el índice de saturación del flujo para un grupo de carriles es el máximo número de vehículos de ese grupo

de carriles que pueden atravesar la intersección durante una hora de verde continuo, bajo las condiciones prevalecientes del tráfico y de la vía. El índice de saturación del flujo normalmente esta dado en términos de unidades de carros particulares (vehículos equivalentes) que siguen de frente por hora de verde. Muchos manuales de diseño y textos proveen tablas de factores que entregan valores comunes de **Automóviles Directos Equivalentes (ADE)**.

TABLA N° 03
Factor de Equivalencia de Vehículos
Automóviles Directos Equivalentes (ADE)

TIPO DE VEHICULO	FACTOR DE EQUIVALENCIA
<i>Moto lineal</i>	0.33 (0.25)
<i>Mototaxi</i>	0.75 (0.50)
<i>Auto</i>	1
<i>Auto taxi</i>	1
<i>Camioneta Rural</i>	1.25
<i>Camioneta Pick Up</i>	1.25
<i>Microbús</i>	2
<i>Ómnibus</i>	3
<i>Bus Interprovincial</i>	3.2
<i>Furgón</i>	2
<i>Camión 2E + 3E</i>	2.5
<i>Tráiler 4E a mas</i>	3.5

FUENTE: HCM 2010

Determinar el índice de saturación del flujo puede convertirse en algo complicado de lograr. Éste depende de las condiciones del

tráfico y de la vía, las cuales varían sustancialmente de una región a otra.

Otra posibilidad, la cual se usa con frecuencia, es asumir un valor ideal del índice de saturación del flujo y ajustarlo para las condiciones prevalecientes utilizando factores de ajuste. **Un valor nominal bastante común en un índice de saturación del flujo de 1900 vehículos/hora/carril**, el cual corresponde a la saturación de una salida de alrededor de 1.9 segundos. Los manuales de diseño como el **HCM 2010**, proveen factores de ajuste que toman parámetros como el ancho de carril, tráfico peatonal y la composición del tráfico en el conteo.

Capacidad:

La capacidad es un ajuste del índice de saturación del flujo que toma en cuenta el tiempo real del semáforo, ya que la mayoría de los mismos, no permiten el movimiento continuo de una fase para una hora.

Si la aproximación tiene 30 minutos de tiempo de verde por hora, se podría deducir que la capacidad actual de la aproximación se encuentra alrededor de la mitad del índice de saturación del flujo. La capacidad, entonces, es el máximo flujo horario de vehículos que pueden ser desalojados a través de la intersección desde el grupo

de carriles en cuestión, bajo las condiciones prevaletientes del tráfico, de la vialidad y del semáforo. La fórmula para el cálculo de la capacidad (c) se presenta a continuación:

$$c = (g/C) \times s \quad \text{Ecuación (06)}$$

Dónde:

c = capacidad (ucp*/hora)

g = tiempo de verde efectivo para la fase en cuestión (seg)

C = longitud del ciclo (seg)

s = Índice de saturación del flujo (ucp*/hora)

ucp* = unidades vehículos equivalentes (Automóviles Directos Equivalentes - ADE).

La capacidad puede ser calculada en varios niveles, dependiendo de la cantidad de información que se quiera obtener. Se podría calcular la capacidad de cada carril individual, o se podría tomar un grupo de carriles juntos y encontrar la capacidad de una aproximación entera. Se necesita decidir en qué sentido va cada situación.

La capacidad se puede usar como una referencia para indicar el estado de operación actual de la intersección. Por ejemplo, asumamos que usted conoce el índice de flujo actual para un grupo de carriles y también conoce la capacidad para ese grupo de carriles. Si el índice de flujo actual es el 10% de la capacidad, usted se inclinaría a pensar que se ha asignado demasiado tiempo de

verde para ese grupo de carriles en particular. A continuación veremos otros usos que podemos darle a la capacidad mientras exploramos los conceptos restantes del diseño del tiempo del ciclo del semáforo, (Transportation Research Board, 2010).

La capacidad en una intersección semaforizadas se basa en el concepto de saturación del flujo y del índice de saturación del flujo.

La saturación del flujo está dada por el símbolo “s” y es expresada en unidades de vehículos por hora de tiempo de verde efectivo (vph/v) para un grupo de carriles dado.

2.9.4.5. Volumen de Hora Punta, Factor de Hora Punta,

Índice de Flujo de Diseño

Volumen de Hora Punta:

Es el Volumen de tráfico que usa la aproximación, el carril, o el grupo de carriles en estudio, durante la hora del día que observa los volúmenes de tráfico más altos para esa intersección. El volumen de hora punta normalmente está dado en términos de Automóviles Directos Equivalentes - ADE, dado que el cambio de todos los vehículos en estas unidades hace que los cálculos de los volúmenes sean más representativos de lo que actualmente son.

El índice de flujo de hora punta también está dado en unidades de carros particulares por hora. A veces estos dos términos se intercambian porque son numéricamente idénticos.

Factor de Hora Punta (PHF):

El Factor de Hora Punta (PHF) se deriva del volumen de hora punta. Es simplemente el ratio del volumen de hora punta a cuatro veces el volumen de los 15 minutos punta. Por ejemplo, durante la hora punta, probablemente exista un período de 15 minutos en los cuales el volumen de tráfico es más denso que durante el resto de la hora. Estos son los 15 minutos punta, y el volumen de tráfico que usa la aproximación, el carril o grupo de carriles durante esos 15 minutos es el volumen de los 15 minutos punta. El factor de hora punta se describe a continuación:

$$\text{PHF} = \text{Vol. Hora Punta} / (4 \times \text{Vol. 15 min. punta}) \quad \text{Ecuación (07)}$$

Índice de Flujo de Diseño:

El índice de flujo de diseño o índice de flujo actual, para una aproximación, o carril o grupo de carriles es el volumen de hora punta (índice de flujo) para esa intersección dividida por el Factor de Hora Punta. Una manera simple de hallar el índice de flujo de diseño es multiplicar el volumen de los 15 minutos punta por 4. Sin embargo, como se ha visto, para medir el uso actual de la capacidad de una intersección, se requieren muchos cálculos como el índice de flujo actual (índice de flujo de diseño).

2.9.4.6. Movimiento Crítico o Carril Crítico

Mientras cada fase de un ciclo pueda servir a varios movimientos o carriles, algunos de estos carriles inevitablemente requerirán más tiempo que otros para descargar su cola. Por ejemplo, el movimiento de volteo a la derecha de una aproximación podría servir a 2 vehículos, mientras que el movimiento de frente requiere servir a 30. El efecto neto es que el movimiento a la derecha terminará mucho antes del que sigue de frente. Si cada fase es lo suficientemente larga para descargar los vehículos en el carril o movimiento de mayor demanda, entonces el resto de movimientos con menores requerimientos de tiempo también se descargarán. Esto permite al ingeniero enfocarse en un movimiento por fase en lugar de todos los movimientos.

El movimiento o carril de una fase dada, que requiere el mayor tiempo de verde es conocido como el movimiento o carril crítico. Este movimiento, para cada fase, se puede determinar usando ratios de flujos. El ratio de flujo es el índice de flujo actual (diseño) dividido por el índice de saturación del flujo. El movimiento o carril con el ratio de flujo más alto es el crítico. Como veremos más adelante, estos conceptos se aplican en la determinación de la longitud del ciclo y en las discusiones de los repartos de verde.

Carriles Críticos:

El análisis y evaluación de intersecciones semaforizadas, incluyen muchas acciones de planeamiento, sobre la base del análisis carril por carril. No todos los carriles, sin embargo, son igualmente importantes. Normalmente, en cada fase existe un solo carril por el cual, la relación entre el flujo de llegada y la saturación del flujo resulta en la necesidad de un intervalo de verde prolongado. Estos carriles son llamados carriles críticos. El número de carriles críticos es igual al número de fases en un ciclo, y a su vez, tienen influencia decisiva en el tiempo de ciclo.

Un carril crítico puede ser reconocido por el ratio de flujo más alto en una fase dada:

$$y_{crit\ j} = \max (y_{ij}) = \max (q_{ij} / S_{ij}) \quad \text{Ecuación (08)}$$

Dónde:

$y_{crit\ j}$ = ratio de flujo para el carril crítico en la fase j

y_{ij} = ratio de flujo para el carril i en la fase j

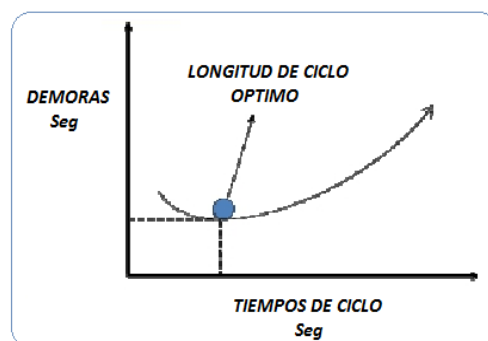
q_{ij} = flujo de llegada en el carril i descargando en la fase j
(ADE/hr)

S_{ij} = flujo de saturación en el carril i descargando en la fase j
(ADE/hr)

2.9.4.7. Determinación de la Longitud del Ciclo

Una vez que se conoce la longitud del ciclo total, se puede abstraer la longitud de los períodos de ámbar y de todo rojo del ciclo total, y terminar con la disponibilidad del tiempo de verde total para las indicaciones del semáforo. La eficiencia determina que la longitud del tiempo de ciclo debería ser lo suficiente para servir a todos los movimientos críticos, pero no mayor. Si el ciclo es muy corto, habrán muchos cambios de fase durante una hora, y el tiempo perdido por estos cambios será alto comparado con el tiempo de verde utilizable. Pero si el tiempo de ciclo es demasiado largo, las demoras se prolongarán, así como el tiempo de espera de los vehículos por su turno para desalojar la intersección. La Figura N° 09 provee una interpretación gráfica de éste fenómeno.

FIGURA N° 09 Longitud del Ciclo vs. Demoras



Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

Varios métodos para resolver este problema de optimización ya han sido desarrollados, pero la ecuación de Webster es la más frecuente. La ecuación de Webster, la cual minimiza las demoras en la intersección, entrega el tiempo de ciclo óptimo como una función de los tiempos perdidos y de los ratios de flujo crítico. Se presenta a continuación:

$$C_0 = \frac{1.5L+5}{1-S(V/s)} \quad \text{Ecuación (09)}$$

Dónde:

C_0 = Longitud de ciclo óptimo (seg)

L = Suma de los tiempos perdido para todas las fases, usualmente tomados como la suma de los períodos de entreverde (seg)

V/s = Ratio del índice de flujo de diseño al índice de saturación del flujo para la aproximación o carril crítico en cada fase.

Después de haber calculado la longitud del ciclo óptimo, debería ser incrementado por exceso al múltiplo de 5 más cercano. Por ejemplo, si usted calcula un tiempo de ciclo de 62 segundos, aumentelo a 65 segundos. Una vez hecho esto, usted se encuentra listo. Si conoce los tiempos de entreverde para todas las fases, entonces puede calcular la disponibilidad total del tiempo de verde y asignarlo a las varias fases basados en sus movimientos críticos.

Longitud del Ciclo:

La longitud del Ciclo está compuesta por el tiempo de ciclo total para servir a todas las fases del semáforo incluyendo el tiempo de verde, más cualquier otro intervalo de cambio. Ciclos muy largos acomodarán más vehículos por hora, pero también producirán promedios de demoras más altos.

La longitud del Ciclo incluye el tiempo de verde más el intervalo de cambio de fase vehicular por cada fase del semáforo. Un número de métodos han sido usados para determinar longitudes de ciclo como esquema en el Manual de Capacidad Vial (Highway Capacity Manual 2010), Manual de Diseño de Semáforos del ITE (ITE Manual on Traffic Signal Design) y el Manual de Ingeniería de Tránsito y Transporte del ITE (ITE Transportation and Traffic Engineering Handbook). Webster provee la fórmula empírica básica que minimiza las demoras en la intersección, a saber: (Webster & Cobbe, 1966)

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum Y_i} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

C_o = longitud de ciclo óptimo en segundos usualmente ajustado a los 5 segundos siguientes más altos. Los ciclos que se encuentran en el rango de $0.75 C$ a $1.50 C$ no incrementarán las demoras significativamente.

L = tiempo inutilizable por ciclo en segundos, usualmente tomados como la suma de los intervalos de cambio de fase vehicular.

ΣY_i = volumen del carril crítico por fase / flujo de saturación Y total.

El flujo de saturación estará entre los 1,500 y 1,900 vehículos por hora/carril. Remitirse al Manual de Capacidad Vial 2010. El valor “ Y ” debería ser calculado para cada fase y totalizado como llegada en ΣY_i para todas las fases.

Cuando se ha determinado el tiempo de ciclo, los cambios en el semáforo se deducen entregando el tiempo de verde total del ciclo de manera proporcional a cada fase, sobre la base de los volúmenes del o los carriles críticos. Los tiempos del semáforo para una fase individual son proporcionados adicionándole al tiempo de verde efectivo, el tiempo de intervalo de cambio de fase.

Para asegurar que los volúmenes de carriles críticos sean adecuadamente servidos, se debería calcular y revisar la capacidad para cada intervalo de verde.

2.9.4.8. Cálculo de los Repartos del Tiempo de Verde

Una vez que se tenga el tiempo de ciclo total, se debe determinar la longitud del tiempo que está disponible para las indicaciones de verde del semáforo, sustrayendo los períodos de entreverde del tiempo de ciclo total. Pero, los resultados son inútiles a menos que

sepamos como asignar los tiempos de verde a todas las fases del ciclo.

Se usan para distribuir el tiempo de verde disponible entre todas las fases. El ratio de flujo para un movimiento o carril es el índice de flujo actual (diseño), para la aproximación, dividido por el índice de saturación del flujo.

En cada fase se entrega una parte del tiempo de verde disponible que es consistente con el índice de su flujo crítico, y con la suma de todos los ratios de flujo crítico.

La parte de tiempo de verde disponible que debería asignarse a la fase "i" se puede encontrar usando la siguiente ecuación:

$$g_i = (V/s)_i / \sum (V/s) \times GT \quad \text{Ecuación (11)}$$

Dónde:

g_i = longitud del intervalo de verde para la fase "i" (seg)

$(V/s)_i$ = ratio de flujo crítico para la fase "i"

GT = tiempo de verde disponible para el ciclo (seg)

Ahora se tiene la longitud de tiempo de verde para cada fase del ciclo. En este punto, debemos considerar algunas cuestiones de ajuste en el módulo respectivo.

2.9.4.9. Cálculo de Demoras y Nivel de Servicio (LOS)

Una forma de revisar un plan de tiempos de semáforo existente o planificado, es calcular las demoras experimentadas por los usuarios actuales, o quienes usarán la intersección. La demora experimentada por el vehículo promedio puede estar directamente relacionada con el nivel de servicio (LOS).

Las categorías del Nivel de Servicio (LOS), las cuales se listan más adelante, contienen información acerca de la progresión del tráfico bajo las condiciones de demora que ellas representan. Esto le permite, al diseñador o evaluador, visualizar y entender las condiciones del tráfico alrededor de la intersección, aun cuando la intersección podría estar aún en un plano de diseño.

El primer paso en el análisis de LOS, es calcular la demora promedio por vehículo para varias partes de la intersección. Se podría estar interesado en el LOS de una aproximación completa, o alternativamente, en el LOS de cada carril individual. La ecuación para la demora promedio por vehículo

$$d = \frac{[(0.38C(1 - g/C^2)]}{[1 - (\frac{g}{C})(X)]} + 173X^2 [(X - 1) + [(X - 1)^2 + (16X/C)]^{1/2}]$$

Ecuación (12)

Dónde: d = Promedio de demora por parada por vehículo para el carril o grupo de carriles de interés (seg)

C = Tiempo de ciclo (seg)

g/C = Ratio de verde para el carril o grupo de carriles

g = Tiempo de verde efectivo para el carril o grupo de carriles (seg)

$X = V/c$ ratio para el grupo de carriles

V = Índice de flujo actual o de diseño para el carril o grupo de carriles (ADE/h)

c = Capacidad del grupo de carriles (ADE/h)

Esta ecuación predice el promedio de demoras por parada por vehículo, asumiendo un comportamiento de arribo aleatorio para la aproximación vehicular. El primer término de la ecuación cuenta la demora uniforme, o la demora que ocurre si la demanda que llega en el grupo de carriles esta uniformemente distribuida en el tiempo. El segundo término de la ecuación considera la demora incremental de arribos aleatorios sobre arribos uniformes, y para la demora adicional debido a tiempos de ciclo malos.

TABLA N° 02 Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN	DEMORAS (seg)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	< = 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	> 10 – 20
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales empiezan a fallar.	> 20 – 35
D	Un ciclo largo a y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	> 35 – 55
E	Es el limite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	> 55 – 80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores.	> 80

FUENTE: Manual de Capacidad Vial (HCM 2010)

2.9.4.10. Esquema del Análisis Operacional

La teoría y conceptos presentados hasta el momento en este capítulo, cubren los grados de niveles de servicio y sus correspondientes descripciones del flujo de tráfico, y también presentan una fórmula simple del cálculo de demoras. Este módulo discute el largo y más complejo proceso para el cálculo de demoras

y LOS de una intersección existente. A continuación se presenta el proceso utilizado para el Análisis Operacional extraído del Manual de Capacidad Vial HCM 2010.

Análisis Operacional:

El análisis operaciones resulta en la determinación de la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles, así como de la intersección como un todo. Esto requiere de información detallada sobre características geométricas, tráfico, y condiciones de semaforización de la intersección.

Estos datos deben ser conocidos tanto para intersecciones existentes como para las proyectadas. Debido a que el análisis operacional de las intersecciones semaforizadas es complejo, está dividido en **cinco módulos** distintos, a saber:

a. Módulo de Entrada: Toda la información requerida para los cálculos siguientes se encuentra aquí. El modulo incluye toda la data necesaria en la geometría de la intersección, volúmenes de tráfico y condiciones, y semaforización. Es útil para proveer un resumen conveniente para recordar en el análisis.

Condiciones Geométricas.- Las condiciones geométricas se refieren a la configuración física de la intersección en términos de número de carriles, ancho de carriles, movimientos por carril,

ubicación de estacionamientos, longitudes de bahías para vueltas y pendientes de los accesos.

Condiciones del Tránsito.- Para las condiciones del tránsito se deben disponer de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso y su composición en términos de los diferentes modos de transporte.

Asimismo, se deben aforar los flujos peatonales que entran en conflicto con los vehículos.

Condiciones de Semáforos.- En las condiciones de los semáforos deberá especificarse el diagrama de fases, el verde, el ámbar y las longitudes del ciclo, para cada uno de los movimientos dados.

- b. Módulo de Ajuste de Volúmenes:** los volúmenes de demanda vehicular generalmente se muestran en términos de vehículos por hora para una hora punta. El módulo de ajuste de volúmenes convierte estos índices de flujo para un período de análisis de 15 minutos y toma en cuenta los efectos para la distribución por carril. La definición de carriles agrupados o grupo de carriles, también toma lugar en este módulo.

Factor de la hora punta

Es necesario convertir los volúmenes horarios a flujos durante 15 minutos a través del factor de hora punta, así:

$$V_p = \frac{V}{FHP} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Dónde:

V_p = tasa de flujo durante los 15 minutos punta (veh/h)

V = volumen horario (veh/h)

FHP = factor de la hora punta (máxima demanda)

Establecimiento de Grupo de Carriles

Para el análisis operacional es necesario establecer grupos de carriles apropiados. Deberán establecerse grupos de carriles separados, cuando se disponga para las vueltas a la izquierda y a la derecha; los demás carriles directos se consideran un grupo simple de carriles.

- c. Módulo de Tasa de Flujo de Saturación:** se define como la tasa máxima de flujo en un acceso o grupo de carriles, que pueda pasar atreves de la intersección bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y la calle, suponiendo que dicho acceso o grupo de carriles tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo (esto es $g/c = 1$).

Las condiciones prevalecientes del tránsito incluyen volúmenes por tipo de movimiento (izquierda, derecha, directo), su composición vehicular (modos de transporte), maniobras de

estacionamiento, paradas de autobuses y conflictos con peatones y ciclistas. Las condiciones prevalecientes de la calle describen las características geométricas de los accesos en términos de números y ancho de carriles, pendientes y uso de carriles incluyendo carriles de estacionamiento. Las condiciones prevalecientes del semáforo incluyen la secuencia de fases, asignación de tiempos y el tipo de operación o control.

El Flujo de Saturación se expresa en vehículos por hora de luz verde, y puede determinarse mediante estudios de campo o calcularse con la siguiente expresión:

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$$

Ecuación (14)

Dónde:

S_i = flujo de saturación del grupo de carriles i , expresado como el total para todos los carriles del grupo, bajo condiciones prevalecientes (veh/h/verde)

S_o = flujo de saturación base por carril = 1900 ADE/hora verde/carril)

N = número de carriles del grupo

f_w = factor de ajuste por ancho de carril

f_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p = factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles

fbp = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

fa = factor de ajuste por tipo de área.

fLU = factor de ajuste por utilización de carriles

fLT = factor de ajuste por vueltas a la izquierda

fRT = factor de ajuste por vueltas a la derecha

fLpb = factor de ajuste para peatones y ciclistas para vueltas a la izquierda

fRpb = factor de ajuste para peatones y ciclistas para vueltas a la derecha

En la Tabla N° 04, se presentan las expresiones para calcular los diferentes factores de ajuste [HCM 2010].

TABLA N° 04 Factores de Ajuste del Flujo de Saturación

FACTOR	FORMULA	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE	OBSERVACIONES
Ancho de Carril	$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$	W = Ancho de Carril (m)	W >= 2.4 W > 4.8 Puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(ET - 1)}$	% HV = % Vehículos Pesados - Grupo de Carriles	ET= 2.0 Veh. Equivalentes / HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	% G = % Pendiente en el Acceso - Grupo de Carriles	-6 <= %G <= +10 Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N}$	N = Número de Carriles por Grupo Nm = Número de Maniobras de Parqueos / hora	0 <= Nm <= 180 fp >= 0.050 fp = 1.0 sin parqueos
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3600}}{N}$	N = Número de Carriles en el Acceso Nm = Número de Parada de Buses / hora	0 <= Nb <= 250 fbb >= 0.050
Tipo de Área	$f_a = 0.09 \text{ en CBD}$	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} \times N}$	Vg = Proporción de Flujo de Demanda sin Ajustar para el Grupo de Carriles, en Veh /hora. Vg1 = Proporción de Flujo de Demanda sin Ajustar en el Carril Unico con el Volumen mas Alto en el Grupo de Carriles, Veh/h. N = Número de Carriles en el Grupo	
Giros Izquierdos	<i>Carril Exclusivo</i> $f_{LT} = 0.95$ <i>Carril Compartido</i> $f_{LT} = \frac{1}{1 - 0.05PLT}$	PLT = Proporción de Giros Izquierdos en el Grupo de Carriles	
Giros Derechos	<i>Carril Exclusivo</i> $f_{RT} = 0.85$ <i>Carril Compartido</i> $f_{RT} = 1 - (0.15)PRT$ <i>Carril Unico</i> $f_{RT} = 1 - (0.135)PRT$	PRT = Proporción de Giros Derechos en el Grupo de Carriles	fRT >= 0.050
Bloqueo pos Peatones y Bicicletas	<i>Ajuste Giro Izquierdo</i> $f_{Lpb} = 1 - PLT(1 - ApbT)(1 - PLTA)$ <i>Ajuste Giro Derecho</i> $f_{Rpb} = 1 - PRT(1 - ApbT)(1 - PRTA)$	ApbT = Ajuste en la Fase Permitida PLTA = Proporción de Giro Izquierdo de la Fase Protegida sobre el total de verde del grupo PRTA = Proporción de Giro Derecho de la Fase Protegida sobre el total de verde del grupo	

Fuente: Manual de Capacidad Vial (HCM 2010).

2.9.5. SISTEMAS DE SEMÁFOROS

2.9.5.1. Concepto de Sistema

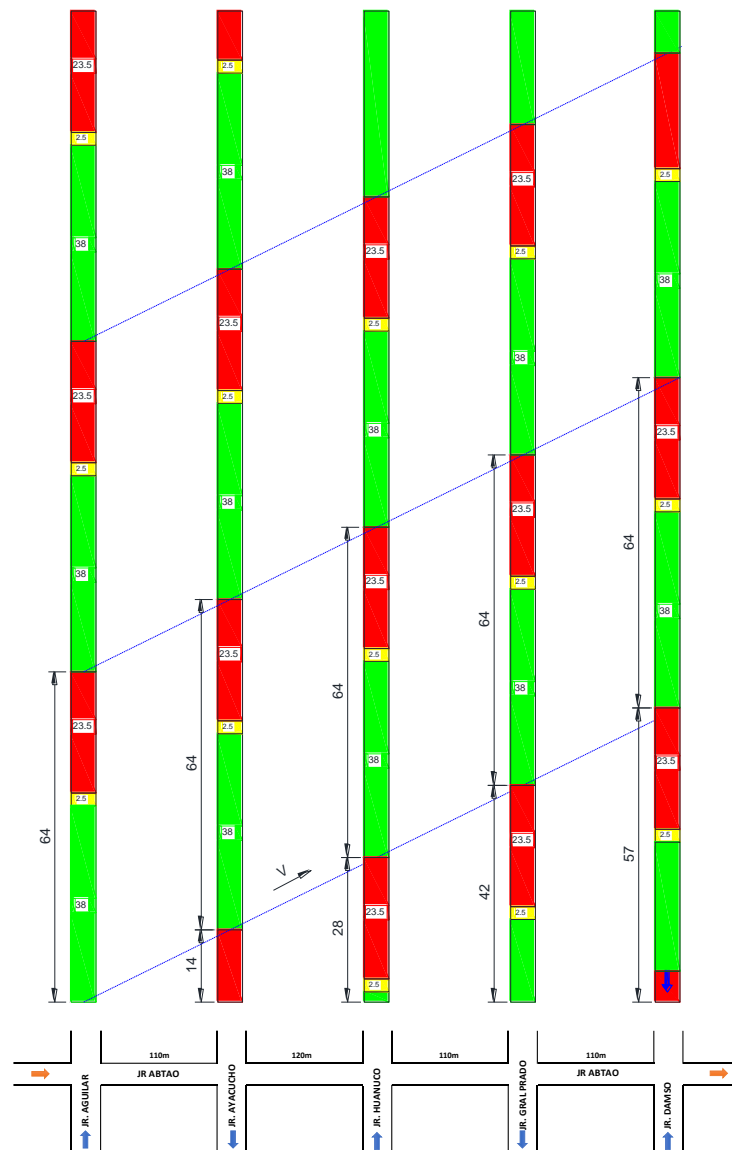
Un sistema de control de tránsito es un conjunto de métodos, técnicas, y equipos usados para coordinar el flujo de tránsito dentro

de un área definida o a lo largo de una vialidad. El objetivo principal de un sistema de tránsito es el de proveer un movimiento continuo del tránsito a través de intersecciones semaforizadas con un mínimo de demoras. Este objetivo se logra proveyendo a cada semáforo con un plan de tiempos apropiado que también trabaje en conjunto con todas las intersecciones semaforizadas del sistema. Por lo general, los sistemas de semáforos deben tener diferentes planes de tiempo para diferentes horas del día.

2.9.5.2. El Diagrama Espacio – Tiempo

Mediante el diagrama espacio – tiempo, se pueden proyectar los desfasamientos para obtener un movimiento continuo a lo largo de una arteria. Esta es la finalidad principal de la presente investigación, Figura N° 10.

FIGURA N° 10 Diagrama Espacio – Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

2.9.5.3. Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- a) Hace ordenada la circulación del tránsito y, en ciertos casos, llega a aumentar la capacidad de la calle.

- b) Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- c) Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener la circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada.
- d) Permiten interrumpir periódicamente el tránsito intenso de una arteria para permitir el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.
- e) En la mayoría de los casos representan una economía considerable con respecto al control por medio de policías de tránsito.

Cuando el proyecto o la operación de semáforos son deficientes, pueden existir las siguientes desventajas:

- a) Se incurrirá en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- b) Producen demoras injustificadas a cierto número de usuarios, en especial cuando se tratan de volúmenes pequeños de tráfico.
- c) Producen reacción desfavorable en el público con la consiguiente falta de respeto tanto a las señales, semáforos o hacia las autoridades.

- d) El excesivo número de accidentes del tipo de alcance, por cambios sorpresivos de color.
- e) Pérdida innecesaria de tiempo en algunas horas de día en el que el volumen de tráfico es pequeño y no se precisa de semáforos.
- f) Aumento de la frecuencia o la gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, en especial cuando existen focos fundidos.
- g) El uso de semáforos portátiles causa confusión en algunos conductores.
- h) En intersecciones rurales, la aparición intempestiva produce por lo general accidentes, cuando no existe avisos previos adecuados [2.4]. (Albrieu & Galarraga, 2012) & (Romero, Hernandez, Ibarra, & Ordoñez, 2009)

2.9.6. REQUISITOS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA NECESIDAD DE UN SEMÁFORO

Requisito A: Volumen Mínimo de Vehículos.- La condición de volumen mínimo de vehículos, se entiende que es para ser aplicada donde el volumen de tránsito intersectante es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición se cumple cuando en la calle principal y en los accesos de mayor flujo de la calle secundaria existen los

volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente en cada una de ocho horas de un día representativo. (Tabla N° 05).

TABLA N° 05 Volumen Mínimo de Vehículos para Intersecciones Semaforizadas

Número de Carriles de Circulación por Acceso en Ambos Accesos		Vehículos por Hora	
Calle Principal	Calle Secundarios	Calle Principal	Calle de Mayor Acceso
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
2 o más	2 o más	500	200

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

Fuente: CAL Y MAYOR. CAL Y MAYOR, Rafael y Cárdenas James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. Ed. Alfaomega. México, Enero 2010.

Requisito B: Interrupción del Tránsito Continuo: La condición de interrupción del tránsito continuo se entiende que es para ser aplicada donde las condiciones de operación de una calle sean tales, que el tránsito de la calle secundaria sufra un retardo o riesgo indebido al entrar en la calle principal o al cruzarla.

Este requisito se satisface cuando, durante cada una de ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en la aproximación de mayor volumen de la calle secundaria, se

tienen los volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente y si la instalación de semáforos no transforma la circulación progresiva del tránsito (Tabla N° 06).

TABLA N° 06 Interrupción del Tránsito Continúo para Intersecciones Semaforizadas

Número de Carriles de Circulación por Acceso en Ambos Accesos		Vehículos por Hora	
Calle Principal	Calle Secundarios	Calle Principal (Total Ambos Accesos)	Calle de Mayor Acceso (un solo acceso)
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2002.

Fuente: CAL Y MAYOR. CAL Y MAYOR, Rafael y Cárdenas James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. Ed. Alfaomega. México, Enero 2010.

2.10. VOLUMEN DE TRANSITO FUTURO

El pronóstico de los volúmenes de transito futuro en áreas urbanas aun es mucho más complejo, en el análisis de flujos vehiculares en redes de transporte, la primera fase del proceso consiste en un inventario, en el año base de las facilidades del transporte existente y sus características, de los patrones de los patrones de viaje determinamos a través de encuestas de origen y destino y aforos

vehiculares; y de los factores de planeación como usos de suelo, distribución de los ingresos, estructura urbana y tipos de empleo. Igualmente, es necesario obtener información relacionada con el crecimiento de la población, el tamaño de la ciudad y los vehículos registrados.

La segunda fase tiene como propósito llevar los datos recolectados en la Primera fase, a relaciones o formulas mediante desarrollo de modelos. El modelo de generación de viajes que relaciona los viajes producidos (orígenes) y atraídos (destinos) con los usos del suelo, la densidad de la población, la distribución del ingreso y el tipo de empleo. El modelo de distribución de viajes, que apoyado en formulas, describe como se distribuyen los viajes entre un origen y varios destinos de acuerdo al grado de atracción de las diferentes zonas. Y el modelo de asignación de tránsito, que determina como se asignan los viajes entre si sobre las diversas rutas entre cada origen y destino, incluyendo elección de modos.

La tercera fase de pronóstico o extrapolaciones, realiza predicciones sobre el uso futuro del suelo, la población, etc. Con base en los desarrollos históricos, estimando la generación y distribución de viajes futuro.

La cuarta fase, o final, asigna los viajes pronosticados o futuros, a las rutas de la red de transporte que incluye nuevas vialidades. Se

efectúan estudios económicos de costo – beneficio para evaluar las diferentes alternativas orientadas hacia la expansión del sistema vial y de transporte.

Se puede pronosticar los volúmenes de tránsito futuro mediante factores de ajuste de variaciones periódicas, de temporada o mensuales de los volúmenes.

Los volúmenes de tránsito futuro para la presente tesis, se derivan a partir del tránsito actual y del incremento del tránsito. La ingeniería de tránsito no cuenta con un valor que refleje el crecimiento vehicular futuro; por lo que para realizar la proyección del tráfico futuro se toman parámetros que puedan proporcionar datos representativos, como son el **crecimiento demográfico** (Vehículos Ligeros) ya que con el aumento de la población se crea una mayor demanda de viajes y a este se le asocia el factor de crecimiento económico (MTC).

2.11. TAMAÑO DE MUESTRA

Un estudio de velocidades instantáneas requiere un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas.

La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el número de velocidades a ser medidas:

$$N = \left(\frac{SxK}{E} \right)^2 \quad \text{Ecuación (19)}$$

Dónde:

N: Tamaño de la muestra

S: Desviación Normal de la Muestra (Km/h o mi/h)

(Tabla N° 50)

K: Constante correspondiente al Nivel de Confiabilidad deseado (Tabla N° 51)

E: Error permitido en la Estimación de la Velocidad de Punto (Km/h o mi/h), que fluctúa entre +- 8.00 Km/h a +- 1.50 Km/h.

TABLA N° 50 Desviaciones Normales de Velocidades de Punto para la Determinación del Tamaño de la Muestra

TIPO DE TRANSITO	TIPO DE CAMINO	DESVIACIÓN NORMAL PROMEDIO	
		Km/h	mi/h
Rural	Dos Carriles	8.5	5.3
Rural	Cuatro Carriles	6.8	4.2
Intermedio	Dos Carriles	8.5	5.3
Intermedio	Cuatro Carriles	8.5	5.3
Urbano	Dos Carriles	7.7	4.8
Urbano	Cuatro Carriles	7.9	4.9
VALOR REDONDEADO		8.0	5.0

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRANSITO – PAUL C. BOX – JOSEPH C. OPPENLANDER 1985

FUENTE: MANUAL NORMATIVO TOMO XII ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO – MÉXICO.

TABLA N° 51 Constante Correspondiente al Nivel de Confianza

CONSTANTE "K"	NIVEL DE CONFIANZA (%)
1.00	68.30
1.50	86.60
1.64	90.00
1.96	95.00
2.00	95.50
2.50	98.80
2.58	99.00
3.00	99.70

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRANSITO – PAUL C. BOX – JOSEPH C. OPPENLANDER 1985

FUENTE: MANUAL NORMATIVO TOMO XII ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO – MÉXICO.

2.12. PRUEBA DE NORMALIDAD

La Prueba de normalidad genera una gráfica de probabilidad normal y realiza una prueba de hipótesis para examinar si las observaciones siguen o no una distribución normal.

Algunos procedimientos estadísticos, como una prueba t o Z, presuponen que las muestras provienen de una distribución normal. Se utiliza este procedimiento para poner a prueba el supuesto de normalidad. Para la prueba de normalidad, las hipótesis son:

H0: los datos siguen una distribución normal

H1: los datos no siguen una distribución normal

El valor de la prueba de normalidad y el valor p asociado. En el Minitab se tienen varios estadísticos de prueba, los que se tratan en la presente guía son las de: Anderson-Darling y de Kolgomorov - Smirnov.

Kolgomorov – Smirnov.-

Para un tamaño de muestra mayor a 30 datos. (Montgomery & Runger, 2003)

Lo más práctico es interpretarlo a partir del Valor de P, la regla práctica es que se dicho valor es mayor al nivel de prueba se acepta que los datos siguen una distribución normal ($p > 0.05$ por ejemplo para un nivel de confianza del 95%).

2.13. MODELO DE SIMULACIÓN DE TRAFICO

Los diferentes modelos para el tránsito vehicular, están basados en teorías con enfoques microscópicos y macroscópicos. Todos estos modelos están basados en métodos y modelos matemáticos, los cuales representan el comportamiento del flujo. Por esta razón despiertan gran interés aquellos modelos basados en las teorías dinámicas de fluidos y seguimiento de vehículos. El problema que se presenta con este tipo de modelos es el manejo de dos variables espacio y tiempo continuas, por lo que al llevar a simular se debe de alguna manera discretizar. La lógica varía de modelo a modelo y los

diferentes escenarios para representar la operación del tránsito. Los modelos pueden tener diferentes clasificaciones las cuales son: clasificación por infraestructura que el modelo puede analizar como aquellos para intersecciones, arterias, redes urbanas y autopistas; clasificación basada en el volumen de la incertidumbre que representa; clasificación por tipos de evaluación por intervalo o por evento y la clasificación más frecuente, basada en detalles de simulación.

2.13.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS.- La clasificación presentada aquí, estará basada en los detalles de simulación, teniendo en cuenta esto, los modelos pueden ser, macroscópicos, microscópicos y mesoscópicos.

Modelos Macroscópicos.- “Los modelos macroscópicos se caracterizan por ser representaciones continuas del flujo de tránsito, se refieren a medidas generales como la relación entre flujo, velocidad, y densidad. Estas características del modelo pierden mucho detalle pero ganan en habilidad para tratar los problemas grandes dentro de tiempos de ejecución cortos.

Modelos Mesoscópicos.- La metodología de estos modelos consiste en simular pelotones de vehículos como si fueran uno solo, los movimientos de giro, tiempos de entrada y salida son singularmente determinados por el mecanismo simulado. Algunos modelos existentes combinan las características de

modelos microscópicos, macroscópicos y Mesoscópicos, es el caso del KRONOS, clasificado como modelo macroscópico, pero simula las conductas de cambio de carril y por lo tanto se podría decir que es un modelo Mesoscópicos.

Modelos Microscópicos.- Los modelos microscópicos consideran las características de cada vehículo individual, y sus interacciones con otros vehículos en el flujo de tránsito. Por consiguiente, ellos pueden simular las operaciones de tránsito con gran detalle pero normalmente pueden requerir de entradas extensas, y tiempo de ejecución extenso para su aplicación.

2.13.2. REQUERIMIENTOS DE LOS SIMULADORES

MICROSCÓPICOS DE TRÁFICO

La realidad a representar en un simulador microscópico está reflejada en la vía. Será necesario describir el entorno de simulación con gran exactitud. Para ello es necesario observar la realidad y modelar los componentes que la constituyen y caracterizan.

Existen dos tipos diferentes de elementos presentes en estas simulaciones, en función de la naturaleza de los mismos. Por un lado se encuentran los componentes estáticos, que son aquellos que determinan con precisión el escenario que se desea simular y que permanece inalterable a lo largo de la simulación. Por otro lado, se

encuentran los componentes dinámicos que determinan las interacciones entre los diferentes elementos.

Componentes Estáticos.- Una vía está compuesta por las calles por donde circulan los vehículos y las intersecciones o cruces de las mismas. Los tramos se descomponen en diferentes carriles que pueden ser de muy distinto tipo como por ejemplo, carril de doble sentido, carril de frenado y carril de desaceleración.

En el interior de las intersecciones se definen giros y movimientos. Los giros representan las posibilidades de desplazamiento de un vehículo que procede de un tramo con destino a otro tramo. Los movimientos representan una desagregación de los giros en la que se incrementa el grado de detalle, identificando las trayectorias que siguen los vehículos al realizar un giro.

Otro componente estático de importancia fundamental son las señales de tráfico que influyen en el comportamiento de los vehículos sobre la vía, haciendo que se atengan a determinadas normas. El tipo de conductor que cada uno de los vehículos que circulan por la vía es otro componente estático.

Componente Dinámico.- Se caracteriza porque varía en el tiempo y porque determinan las interrelaciones existentes entre distintos componentes del simulador microscópico de tráfico. El nivel de detalle

con el que se definen estos componentes va a determinar la precisión del modelo de simulación. Los componentes dinámicos de mayor importancia van a ser los modelos que reflejen el comportamiento de los vehículos en la vía. Entre estos se encuentran: Modelo de aceleración, modelo de cambio de carril, modelo de selección de ruta y de aparcamiento, modelo de generación de vehículo, modelo de incidencia. Hay varios modelos de simulación.

2.13.3. MODELO DEL SEGUIMIENTO DE VEHÍCULO – CALIBRACIÓN DEL MODELO

Este parámetro selecciona el modelo base para el comportamiento del vehículo; dependiendo del modelo seleccionado los parámetros cambian.

- a. **WIEDEMANN 74:** Modelo que se utiliza para **tránsito urbano**. Este será el modelo seleccionado para esta investigación, ya que el sitio escogido es en zona urbana.
- b. **WIEDEMANN 99:** Modelo que se utiliza para autopistas, es decir tránsito interurbano.

2.13.3.1. Parámetros del Modelo Wiedemann 74 – Call Following

- A. Distancia Entre Dos Vehículos
- B. Cambio de Carril

- C. Comportamiento Lateral
- D. Control por Semaforización

A. Distancia Entre Dos Vehículos

$$d = Ax + Bx \quad \text{Ecuación (15)}$$

Distancia Estática Promedio (Ax).- define el promedio de la distancia entre dos vehículos que se encuentran detenidos, la cual tiene una variación fija de ± 1 m.

Parte Aditiva y Multiplicativa de la distancia de Seguridad.-

Estas afectan la distancia de seguridad (d).

$$Bx = (Bx_{Ad} + Bx_{Mult} \times Z)x \sqrt{Vi} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$Bx_{Mult} = Bx_{Ad} + 1 \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

V: Es la velocidad del vehículo líder.

Z: Es una distribución normal con un rango de [0,1]; $Z = 0.5$

B. Cambio de Carril

El modelo contempla básicamente dos cambios de carril, en ambos casos el conductor debe hallar una brecha, o espaciamiento conveniente en la dirección del flujo.

Cambio de carril necesario: para continuar por un conector y seguir la ruta asignada. Los parámetros de comportamiento

de conducción contienen una máxima deceleración aceptable para el vehículo que se encuentra en el carril y desea cambiar y para el vehículo que quedará detrás en el nuevo carril, dependiendo de la posición de la parada de emergencia en el próximo conector de la ruta.

Cambio de carril libre: cambiar a un carril de velocidades más altas. El modelo verifica la distancia de seguridad deseada del vehículo que quedará atrás en el nuevo carril. Esta distancia de seguridad depende de la velocidad de este vehículo y del vehículo que desea cambiar de carril

C. Comportamiento Lateral.

Por defecto un vehículo ocupa el ancho entero de un carril, pero esta situación no corresponde a la realidad. Como bien sabemos, los parámetros del comportamiento lateral permiten viajar a diferentes posiciones laterales y también sobrepasar vehículos que se encuentran en la misma vía si el ancho del carril es suficiente; este efecto se incorporó para todas las tipologías de vehículos, y es notorio específicamente para el tipo de vehículo mototaxi, moto, y bicicleta en la ciudad de Huánuco, puesto que en su comportamiento nunca ocupan la totalidad del ancho del carril, circulando constantemente en Zigzag. Estos tipos de comportamiento al conducir se tuvieron

en cuenta para todo tipo de vehículos al momento de calibrar el modelo para la condición local en estudio, obteniéndose un modelo lo más cerca posible a la realidad.

Por defecto un vehículo ocupa el ancho entero de un carril: Los parámetros del comportamiento lateral permiten viajar a diferentes posiciones laterales y también sobrepasar vehículos que se encuentran en el mismo arco si el ancho es suficiente.

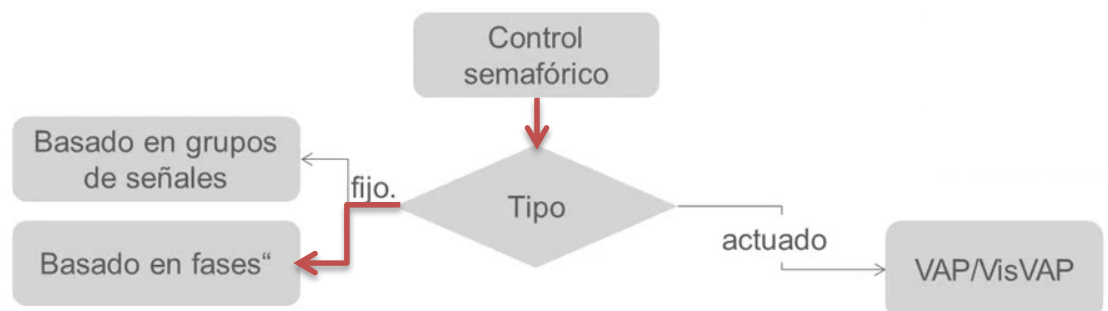
Parámetros Disponibles:

- **Deseo de la posición a Flujo Libre:** Define la posición lateral de un vehículo dentro del carril mientras está a flujo libre. Las opciones que se presentan son a mitad del carril o derecha o izquierda. Para la simulación de la zona en estudio se tomará la mitad del carril, pues es el comportamiento observado en campo.
- **Observación de los vehículos en carriles próximos:** Los vehículos también consideran la posición de otros vehículos que viajan en carriles adyacentes. Esta opción será seleccionada.
- **Configuración de la cola en diamante:** Permite la configuración de los vehículos cuando se encuentran en

cola en forma de diamante, asemejándose más a la realidad. Esta opción será seleccionada.

- **Adelantamiento en el mismo carril:** Selecciona la clase de vehículos que les está permitido el adelantamiento en el mismo carril por otros vehículos que estén especificados dentro de este parámetro. También se puede definir por qué lado se realizará el adelantamiento. Esta opción sólo se usará para las motos.
- **Distancia mínima Lateral:** Es la distancia mínima lateral por clase de vehículos que se encuentran en un mismo carril. La distancia está definida para una velocidad de 0 Km/h como también para 50 Km/h; la distancia mínima laterales de 1m para ambos casos.

D. Control por Semaforización.



CAPITULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS

3.1. CASO EN ESTUDIO

3.1.1. AREA DE INFLUENCIA

Longitudinalmente el Jirón Abtao, transversalmente con los Jirones Aguilar, Ayacucho, Huánuco, General Prado y Damaso Beraun; compuestas por las siguientes intersecciones:

- a. Jr. Abtao - Jr. Aguilar.
- b. Jr. Abtao - Jr. Ayacucho.
- c. Jr. Abtao - Jr. Huánuco.
- d. Jr. Abtao - Jr. Gral Prado.
- e. Jr. Abtao - Jr. Damaso Beraun.

FIGURA N° 11 Área de Influencia en Estudio



Fuente: Google earth

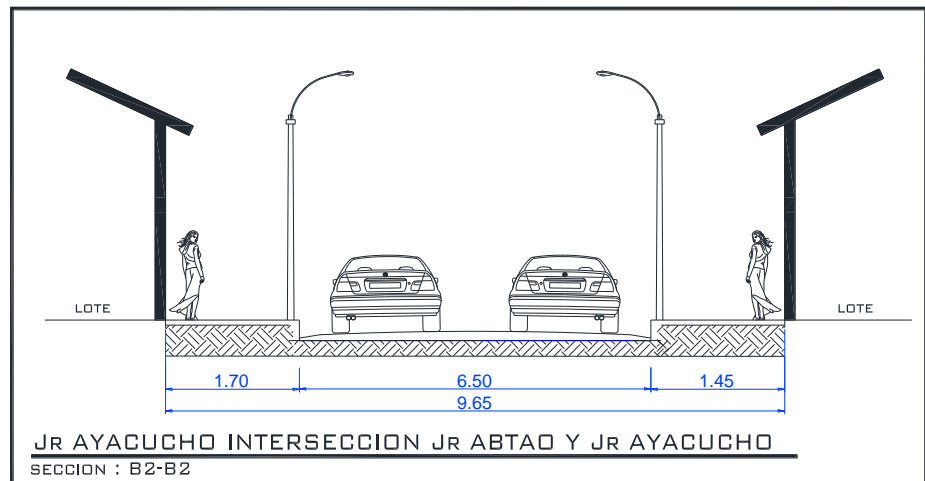
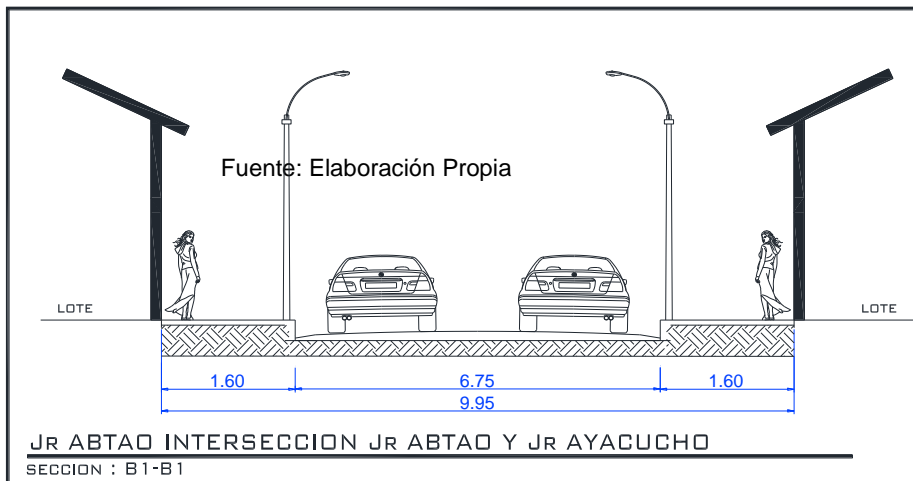
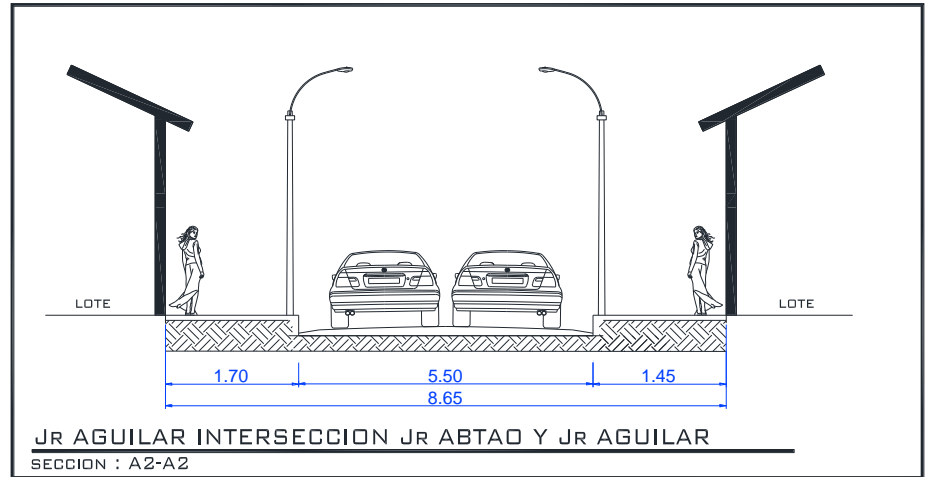
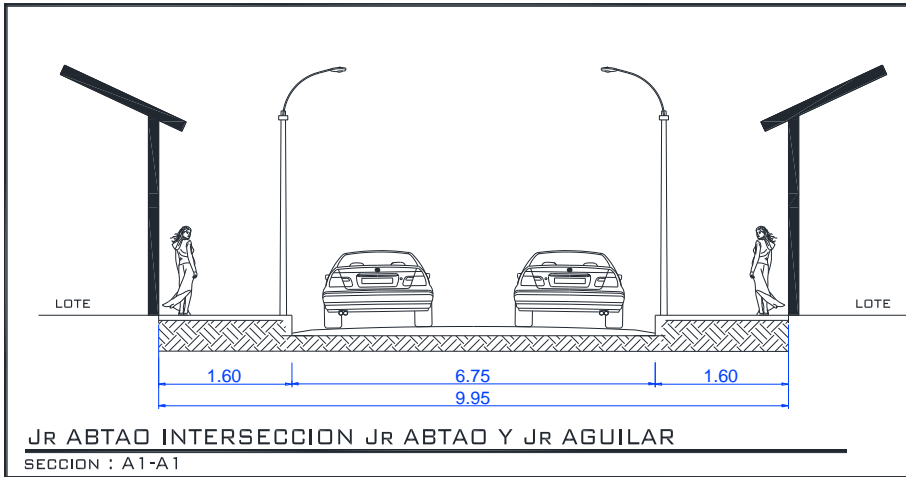
3.2. COMPONENTES ESTÁTICOS

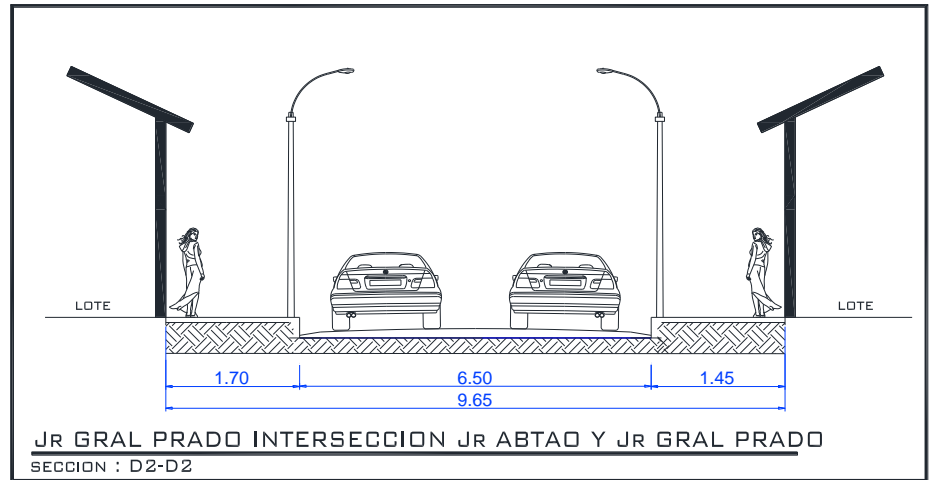
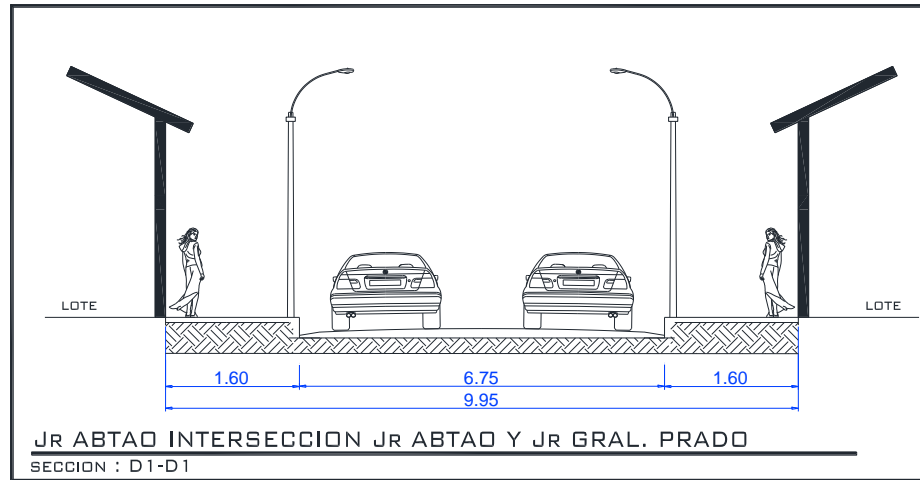
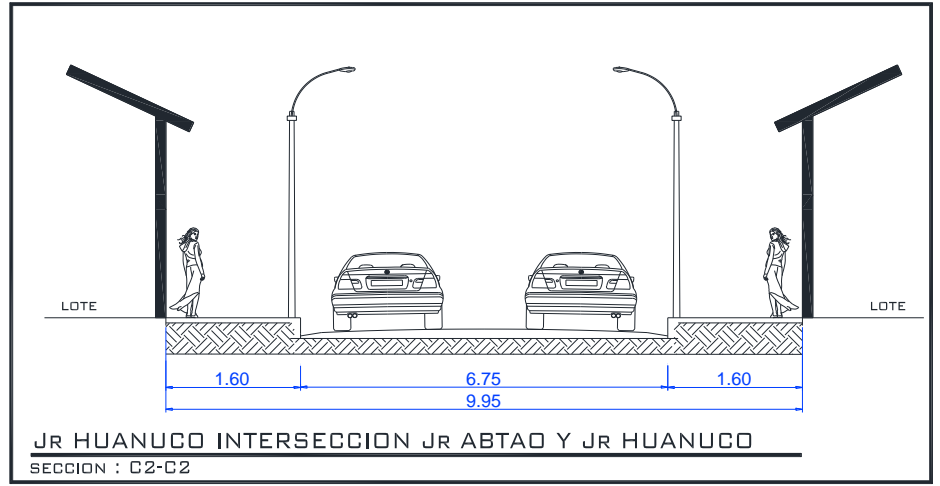
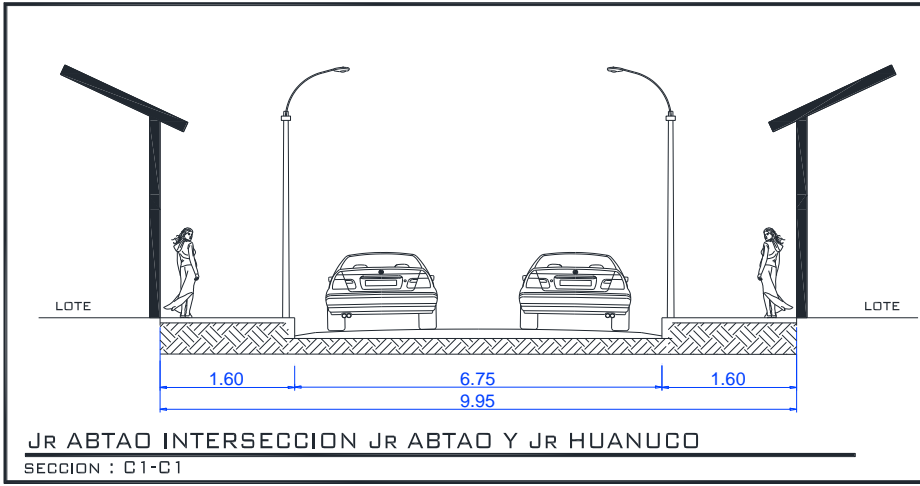
3.2.1. SECCIONES TRANSVERSALES

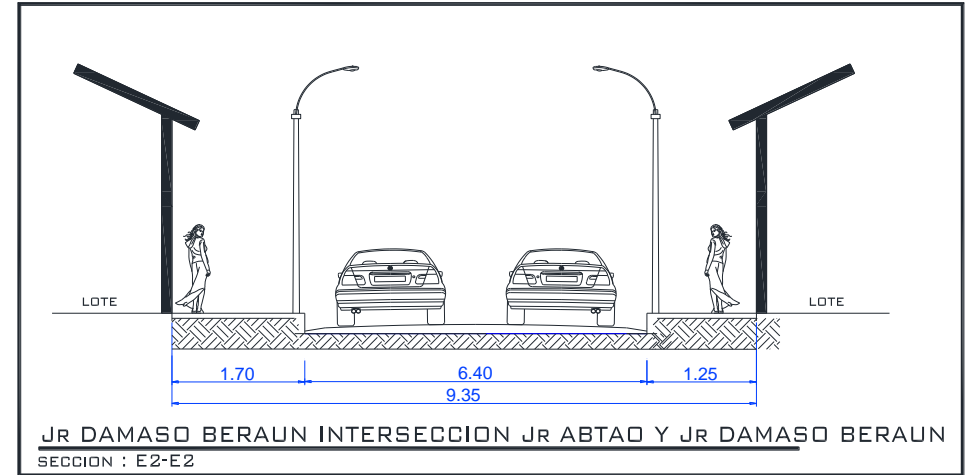
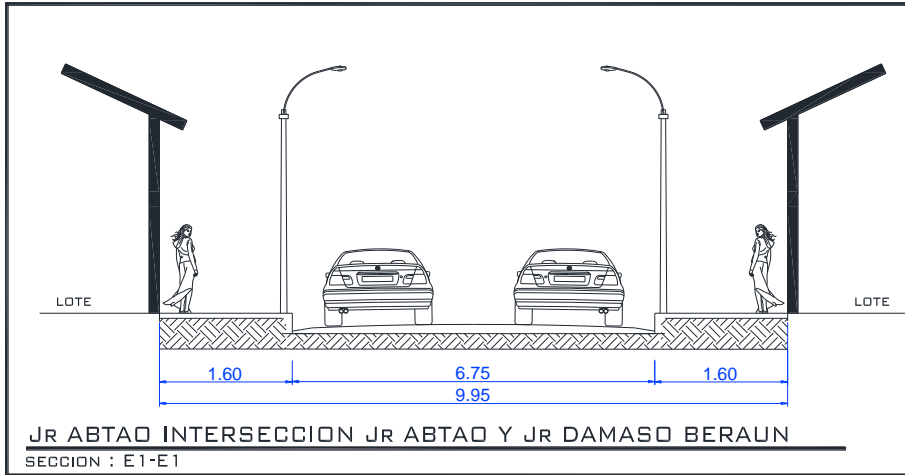
FIGURA N° 12 Planta General - Secciones Transversales de las Intersecciones en Estudio



Fuente: Elaboración Propia

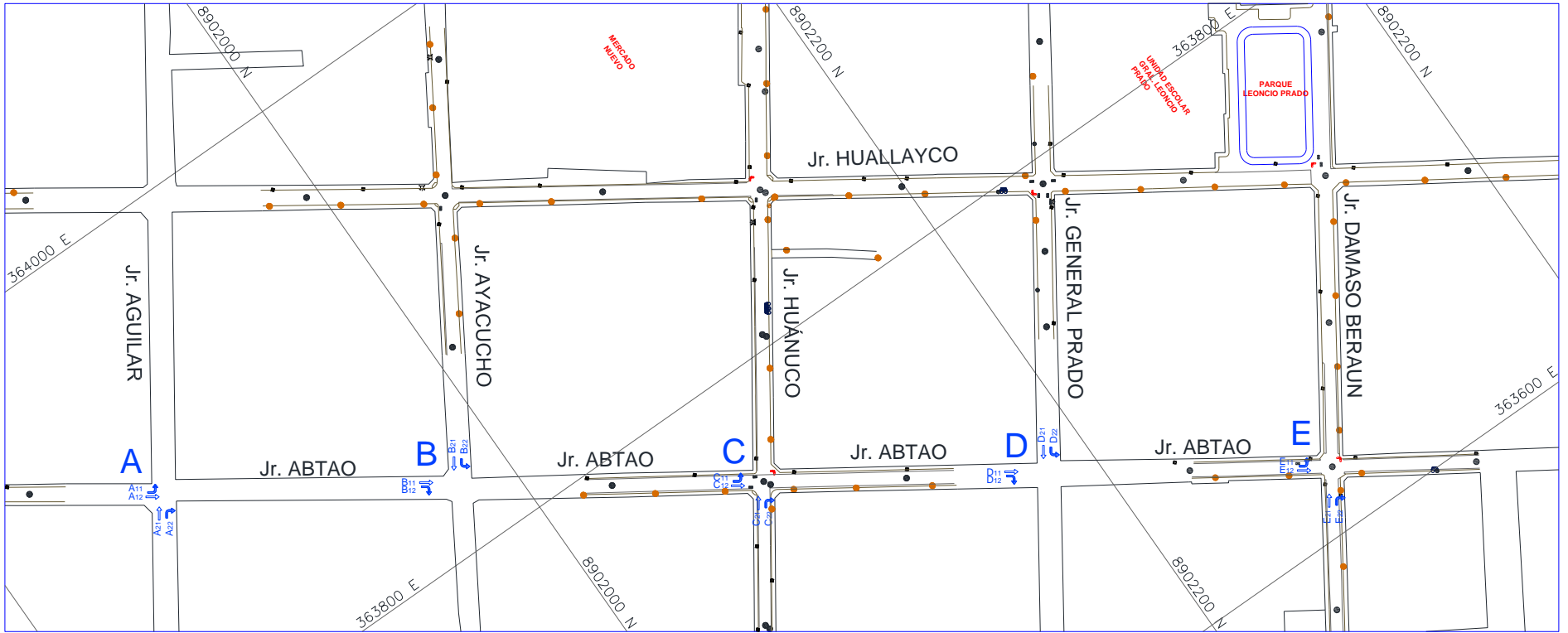






3.2.2. FLUJOS VEHICULARES

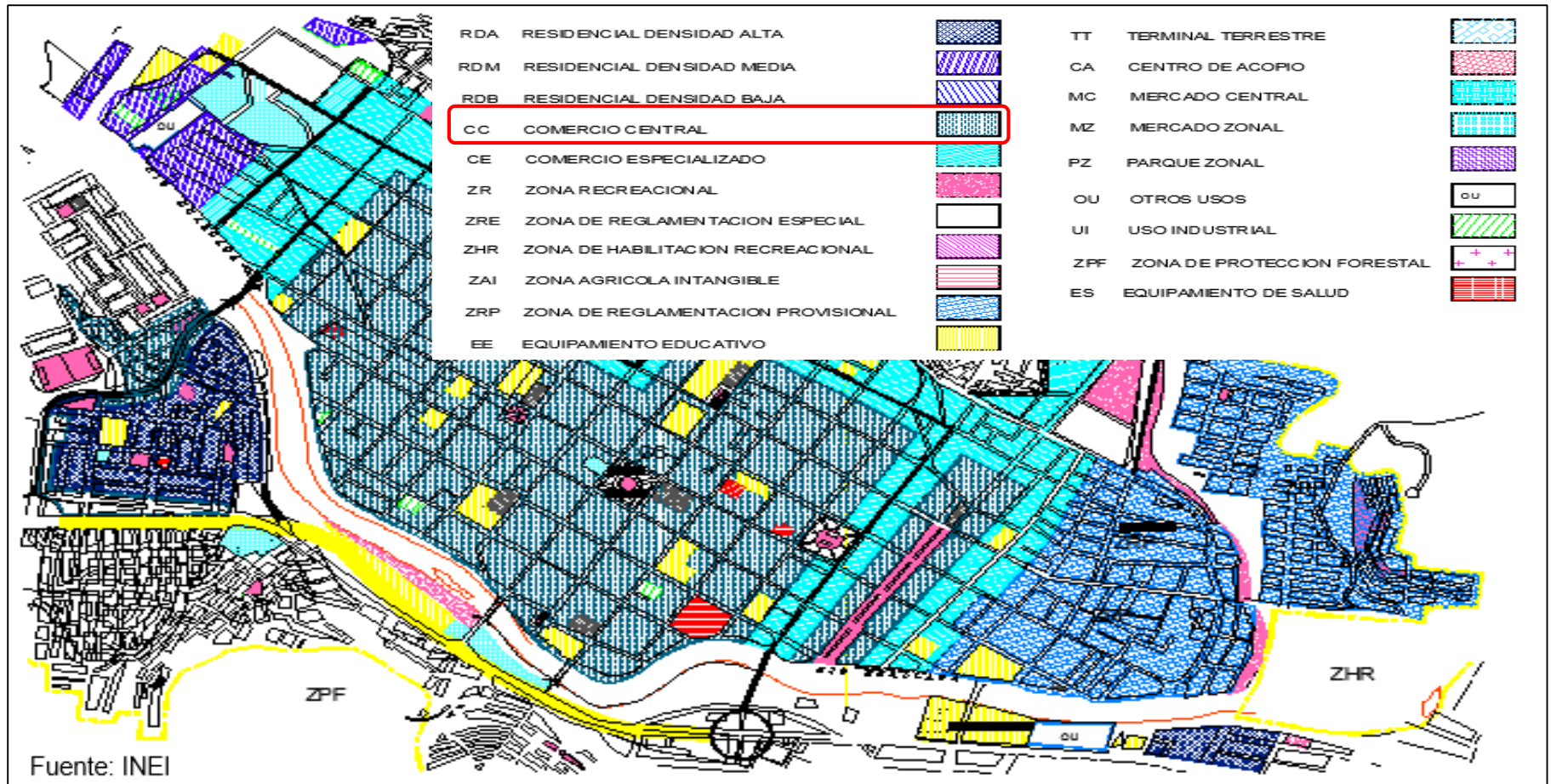
FIGURA N° 13 Planta General - Flujos Vehiculares de las Intersecciones en Estudio



Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. ZONIFICACIÓN

FIGURA N° 14 Zonificación del Área en Estudio



3.3. COMPONENTES DINÁMICOS

3.3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CICLOS DE LOS SEMÁFOROS EN EL ÁREA EN ESTUDIO

En la Figura N° 15, se detallan las fases de los ciclos de los semáforos de las intersecciones que cuentan con semáforos programados fijos en el área en estudio:

FIGURA N° 15 Situación Actual de las fases de los Ciclos Semafóricos

INTERSECCION JR. ABTAO CON	INTERVALO DE FASE	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	PROMEDIO	PROMEDIO DEL CICLO	
JR. AGUILAR	VERDE	NO EXISTE SEMAFOROS					26.00	0.00
	AMBAR							
	ROJO							
JR. AYACUCHO	VERDE	26	26	26.5	25.5	26.00	52.88	
	AMBAR	3	2.5	2.5	2.5	2.63		
	ROJO	24	24.5	24.5	24	24.25		
JR. HUÁNUCO	VERDE	25	24	25	24	24.50	50.00	
	AMBAR	1	1	1	1	1		
	ROJO	25	24	25	24	23.75		
JR. GENERAL PRADO	VERDE	25	25	25	25	25	50.38	
	AMBAR	2	1.5	1.5	1.5	1.625		
	ROJO	24	23.5	23.5	24	23.75		
JR. DAMASO BERAUN	VERDE	24	24	24	24	24	49.00	
	AMBAR	1	1	1	1	1		
	ROJO	24	24	24	24	24		









3.3.2. AFORO VEHICULAR EN CADA INTERSECCIÓN

El aforo vehicular se realiza con el objeto de determinar el flujo existente en todas de las intersecciones en estudio. De acuerdo al comportamiento del tráfico que se puede observar a lo largo del Jr. Abtao, se ha escogido un horario entre las 07:00 horas y las 20:00 horas, en el cual

determinaremos las horas pico diario, aforo que se realizó el martes 16 de Abril del 2019.

Para hallar la hora de máxima demanda, se ha realizado el aforo vehicular a lo largo del horario establecido, en las aproximaciones a cada intersección. Para esto se ha utilizado un formato estándar de conteo vehicular el cual se muestra en la Figura N°16, el cual incluye una clasificación de los diferentes tipos de vehículos que circulan en nuestra área en estudio.

FIGURA N° 16 Formato Estándar de Hoja de Campo de Aforo Vehicular

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR										
UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA										
SECCION DE PREGRADO - EAP INGENIERIA CIVIL										
DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019								
SENTIDO		Directo → A12 Giro ↙ A11			BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR			A1					
HORA	SEÑAL	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES	TOTAL
						PICK UP	RURAL COMBI		>=3 E	
DIAGRA.	VBH.									
07	D	47	79	186	12	9	0	4	3	493
A	→									
08	G	7	50	88	5	2	0	1	0	
	↙									
08	D	12	235	154	10	4	0	6	2	588
A	→									
09	G	8	38	115	2	0	0	2	0	
	↙									

Fuente: Elaboración Propia

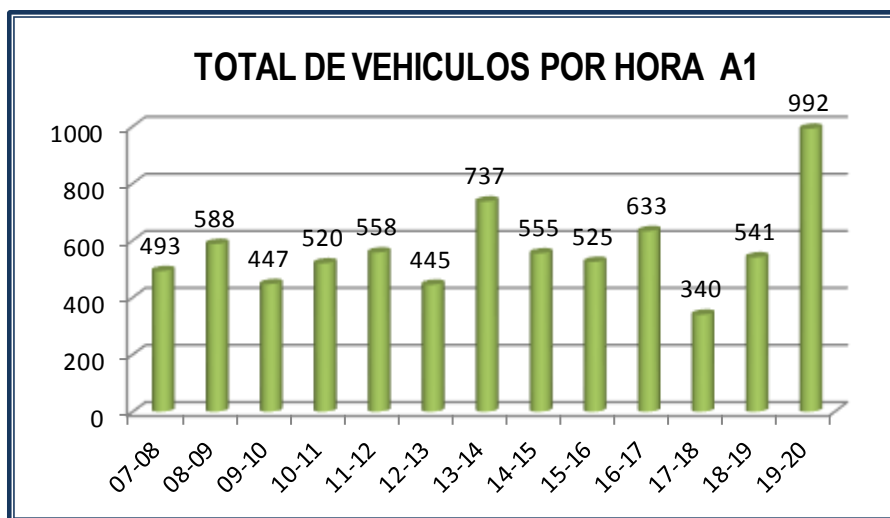
Como se puede observar en el formato, se ha dividido el tráfico en:

- c. Vehículos Livianos: en esta categoría están incluidos todos los vehículos que tengan dos ejes simples con una rueda.

- d. Buses de dos y tres ejes: en esta categoría están los buses que constan de un eje simple con una rueda o dos ejes simples con doble rueda.
- e. Camiones de dos, tres y cuatro o más ejes: este tipo de vehículos constan de un eje simple con una rueda y dos, tres, cuatro o más ejes de doble rueda. Para el área en estudio Jr. Abtao, y en general para todo el centro de la ciudad, el paso de camiones de tres o más ejes está restringido, únicamente puedes pasar los camiones de dos ejes; teniendo en cuenta esta restricción se ha omitido esta clasificación en el formato de aforo vehicular.
- f. Motocicletas: aforo que nos dará una mínima influencia en los volúmenes vehiculares.

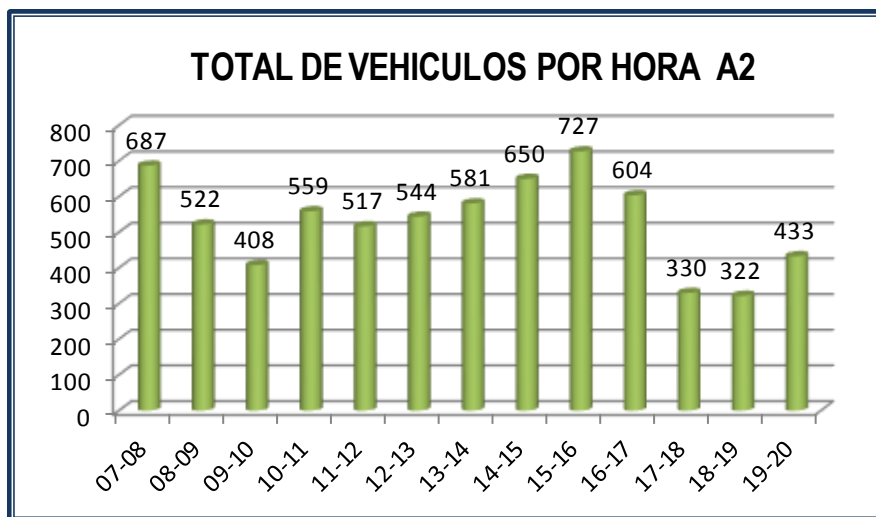
Nota: se denomina **Tráfico Vehicular Mixto**, a la suma de las cantidades de vehículos de todas las categorías que circulan por una vía determinada. En las siguientes Tablas se expone el Tráfico Vehicular Mixto del aforo volumétrico en el cual se muestran las horas de mayor flujo vehicular, para las Intersección del área en estudio.

**TABLA N° 07 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar**



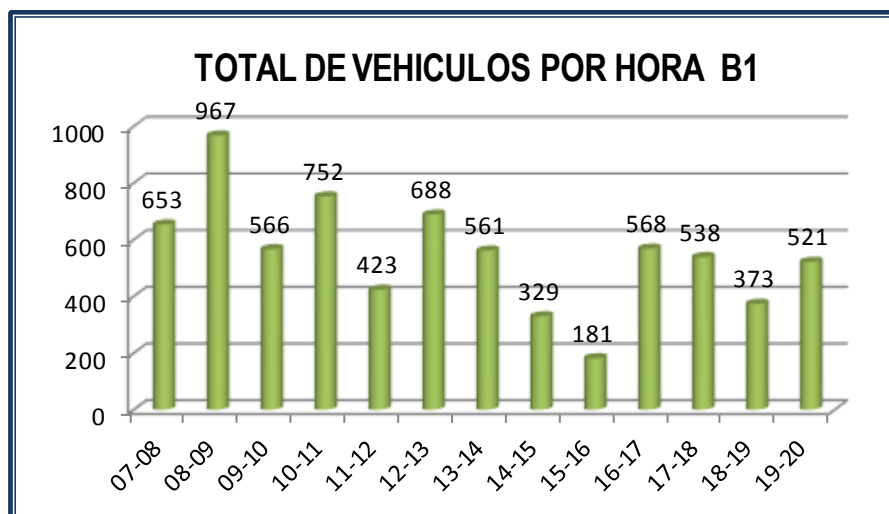
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 08 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Aguilar
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar**



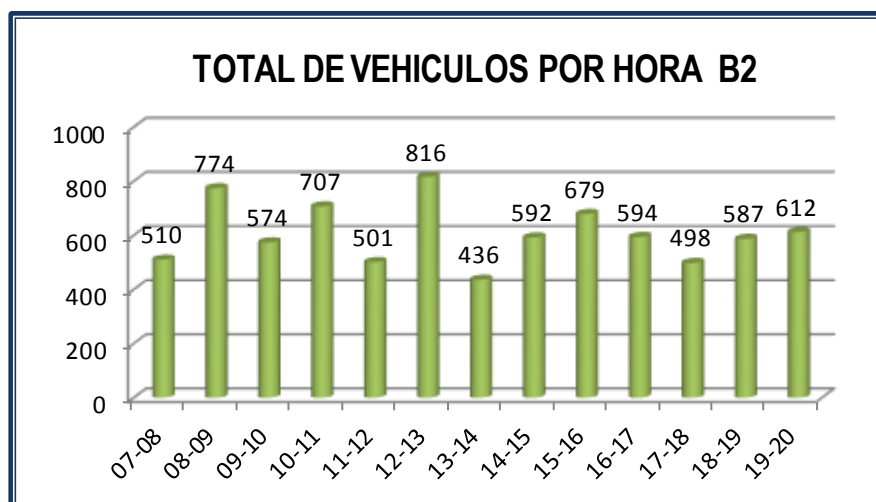
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 09 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho**



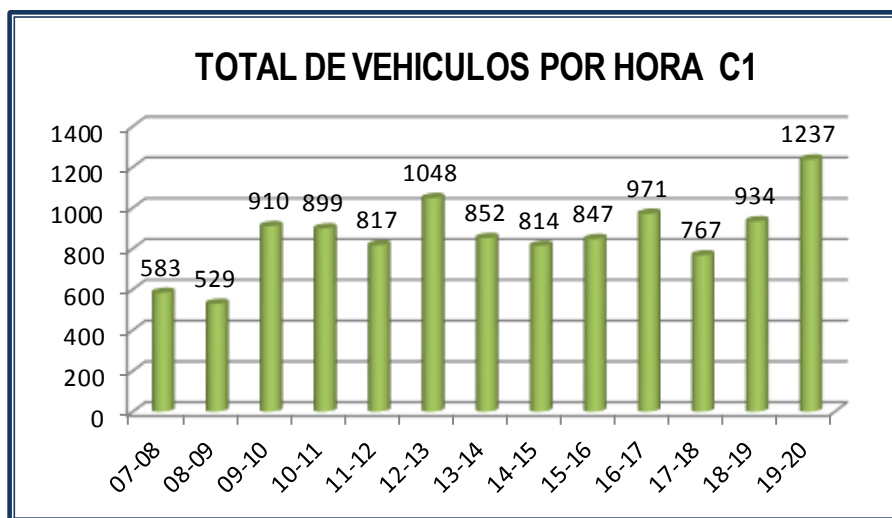
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 10 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Ayacucho
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho**



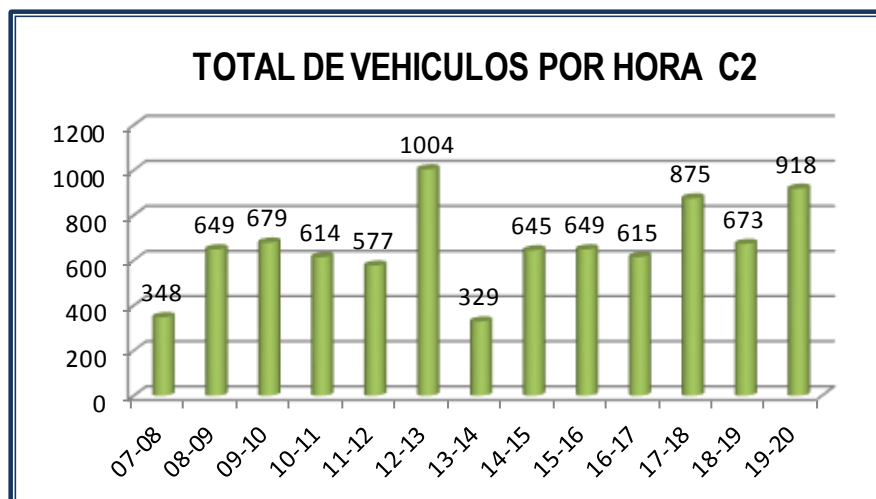
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 11 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco.**



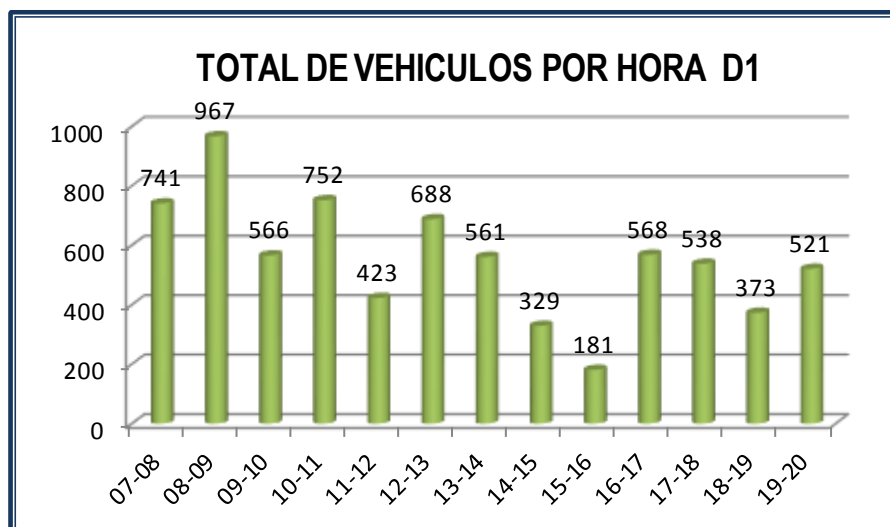
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 12 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Huánuco
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco.**



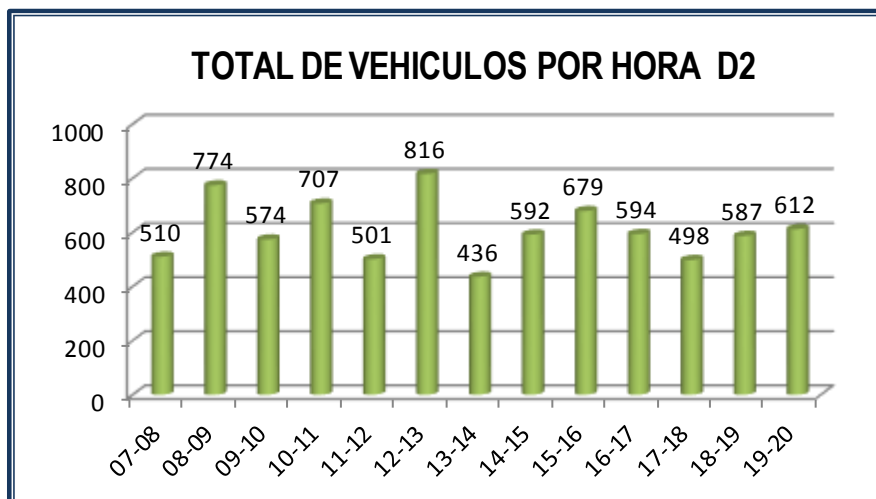
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 13 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado**



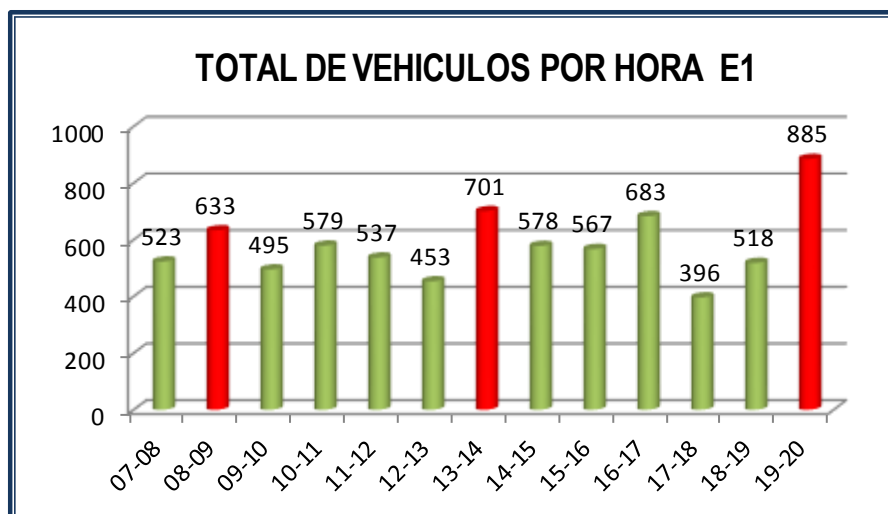
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 14 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Gral. Prado
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado.**



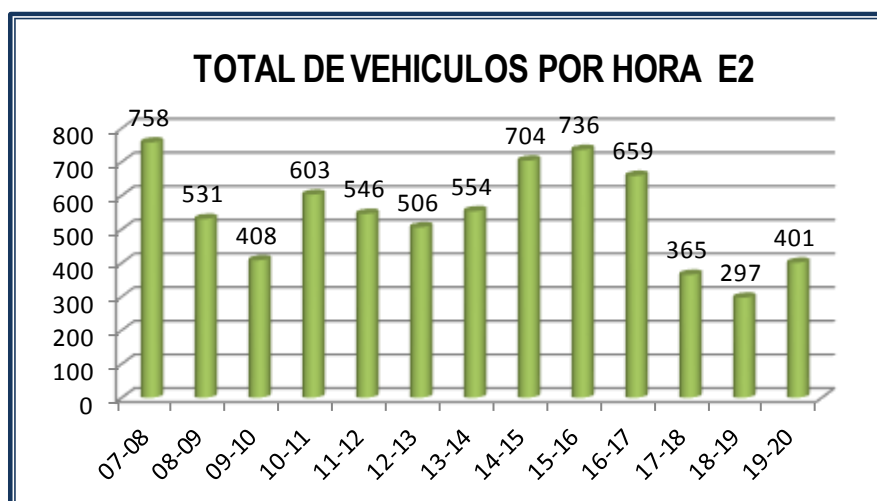
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 15 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.**



Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 16 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Damaso Beraun
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.**



Fuente: Elaboración Propia

De las Tablas N° 07 al 16, podemos identificar las horas de máxima demanda vehicular del aforo vehicular realizado el día Martes 16 de Abril

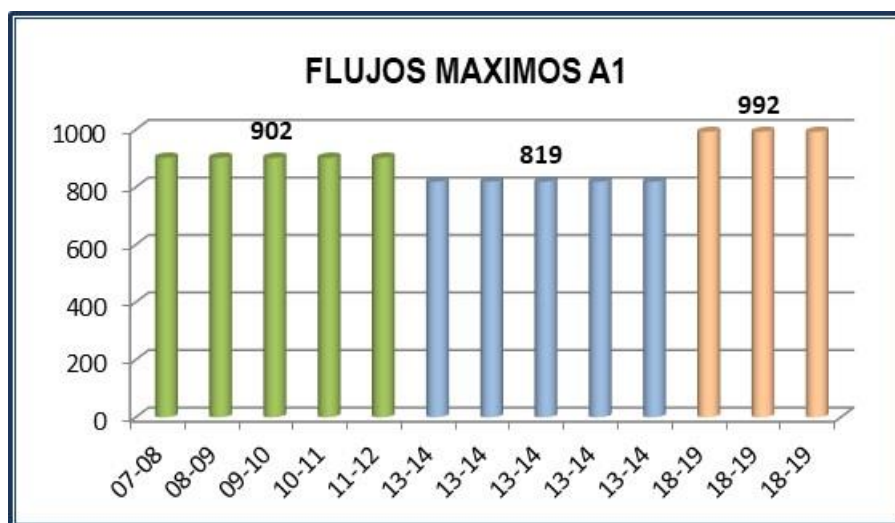
de 2019, que son por la mañana de 08 horas a 09 horas, por la tarde de 13 horas a 14 horas y por la noche de 19 horas a 20 horas.

Identificadas las horas de máxima demanda vehicular se volvió a realizar los aforos en estas horas, el miércoles 17 de Abril y jueves 18 de Abril de 2019 (días representativos).

3.3.3. FLUJOS DE MÁXIMA DEMANDA

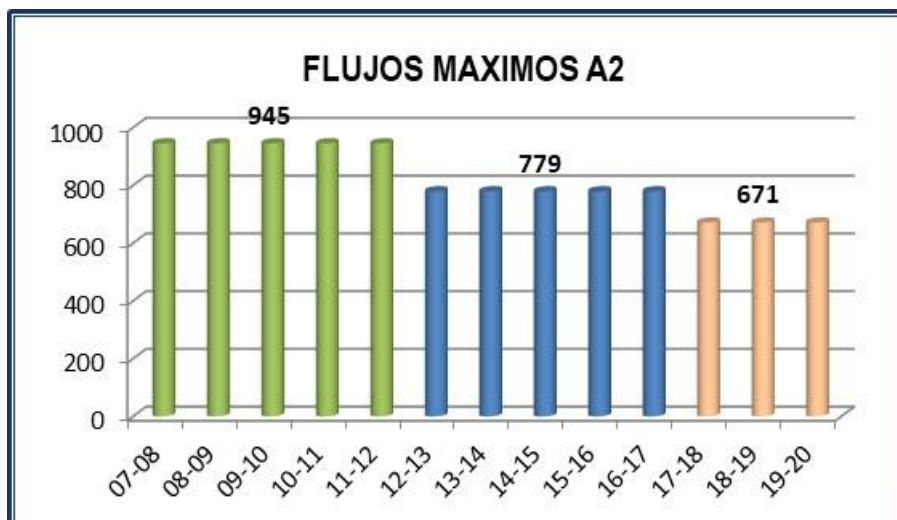
Ya identificada las horas de máxima demanda vehicular, se determinan los flujos máximos por la mañana tarde y noche en los días representativos, teniendo los resúmenes en las siguientes tablas:

**TABLA N° 19 Flujo Máximo en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar**



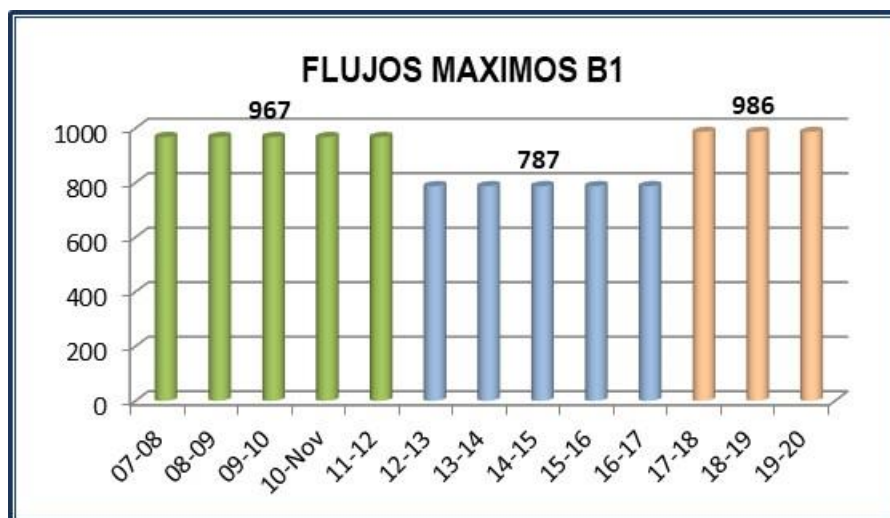
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 20 Flujo Máximo en el Jr. Aguilar
Intersección de Jr. Abato y Jr. Aguilar**



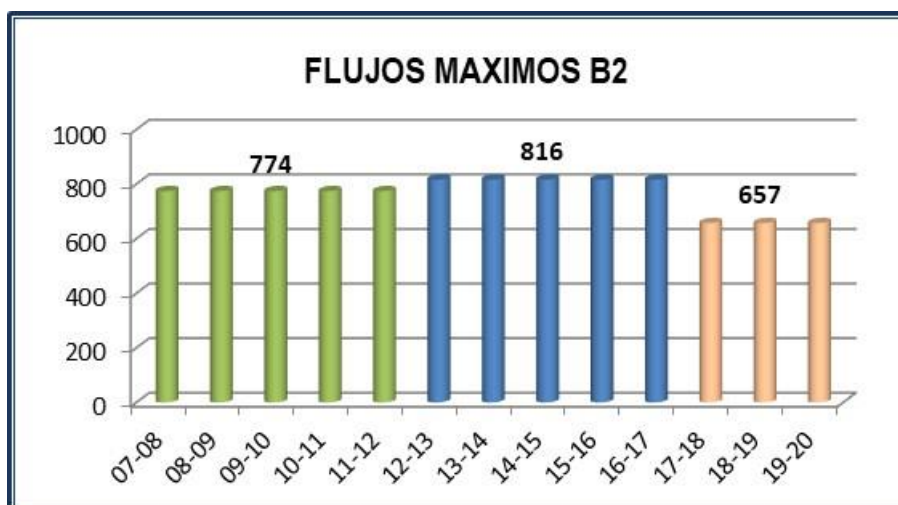
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 21 Flujo Máximo en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho**



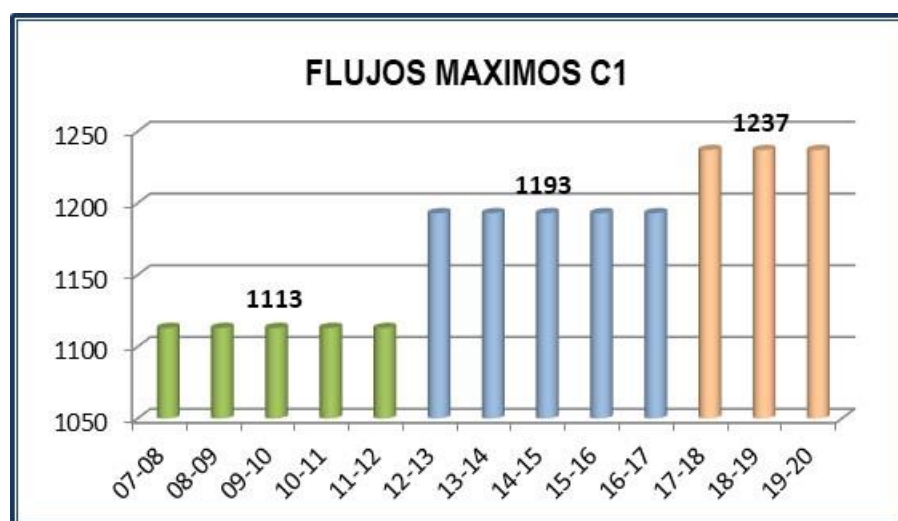
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 22 Flujo Máximo en el Jr. Ayacucho
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho**



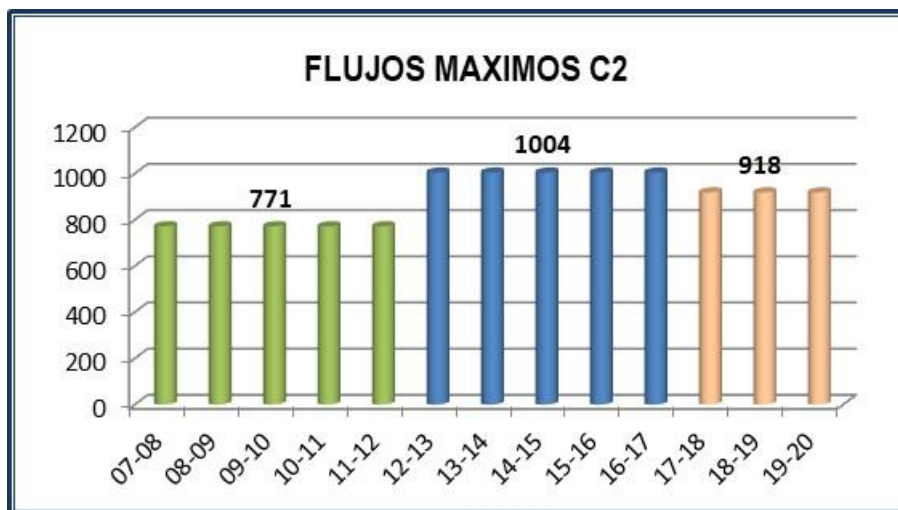
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 23 Flujo Máximo en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco**



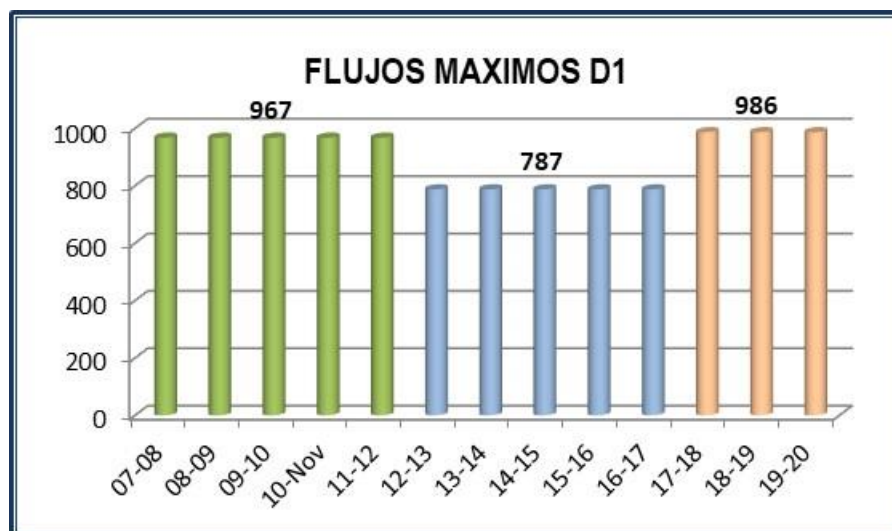
Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 24 Flujo Máximo en el Jr. Huánuco
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco



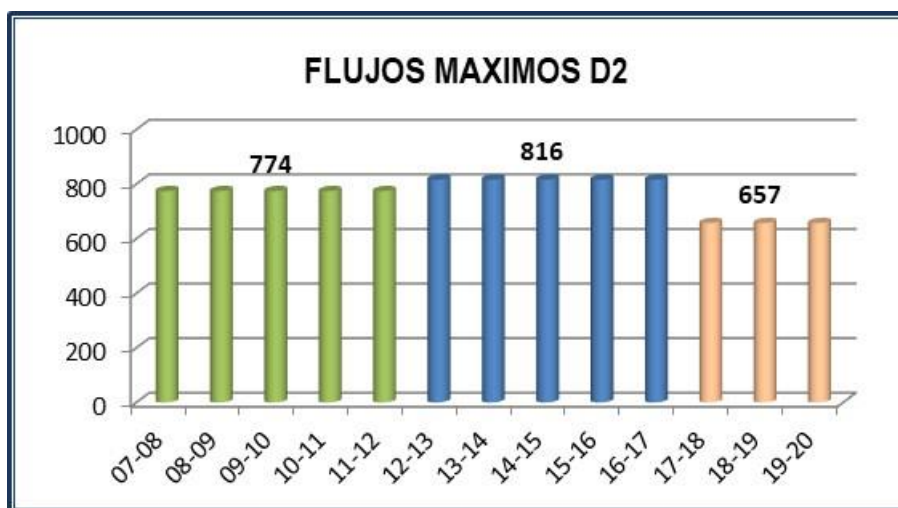
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 25 Flujo Máximo en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado



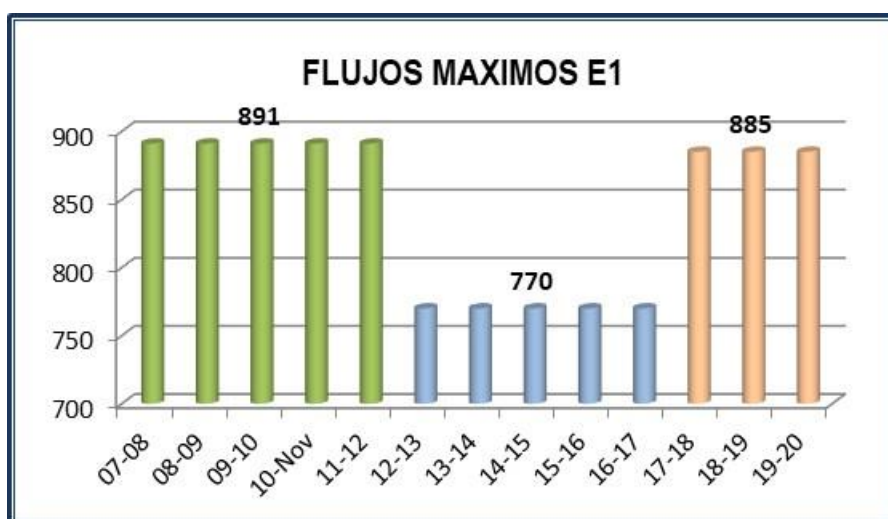
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 26 Flujo Máximo en el Jr. Gral. Prado
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado



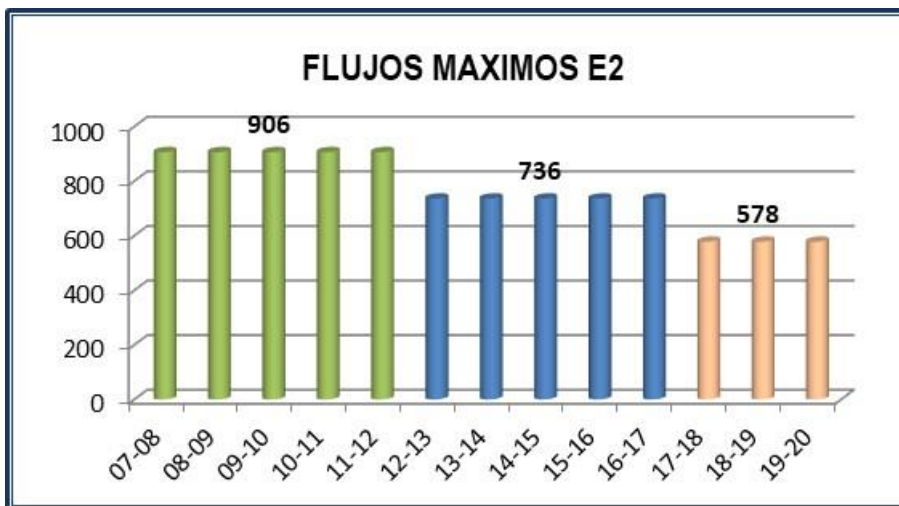
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 27 Flujo Máximo en el Jr. Abtao
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun



Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 28 Flujo Máximo en el Jr. Damaso Beraun
Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun**



Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. FACTOR DE EQUIVALENCIA PARA DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS





A cada tipo de vehículo le corresponde un factor de equivalencia, que está determinado en función a la relación de espacio entre éste y el vehículo patrón (Auto = 1).

TABLA N° 31 Factor de Equivalencia de Vehículos





TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE EQUIVALENCIA
<i>Moto lineal</i>	0.33 (0.25)
<i>Mototaxi</i>	0.75 (0.50)
<i>Auto</i>	1
<i>Autotaxi</i>	1
<i>Camioneta Rural</i>	1.25
<i>Camioneta Pick Up</i>	1.25
<i>Microbús</i>	2
<i>Ómnibus</i>	3
<i>Bus Interprovincial</i>	3.2
<i>Furgón</i>	2
<i>Camión 2E + 3E</i>	2.5
<i>Tráiler 4E a mas</i>	3.5





FUENTE: HCM 2010

Estos factores de equivalencia son utilizados en el presente trabajo, en lo correspondiente al flujo de saturación, así mismo estos valores serán de importancia, para los vehículos Menores (Moto lineal - Mototaxi), en base a las condiciones prevalecientes en las intersecciones en estudio.

RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)							
MAÑANA							
		ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES		
		FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES
							
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	518	273	791	274	522	796
	JR. AYACUCHO	434	358	792	438	380	818
	JR. HUÁNUCO	698	173	871	178	390	568
	JR. GENERAL PRADO	511	365	876	322	360	682
	JR. DÁMASO BERAUN	536	297	833	237	498	735

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)							
TARDE							
		ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES		
		FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES
							
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	522	180	702	376	254	630
	JR. AYACUCHO	536	240	776	382	346	728
	JR. HUÁNUCO	681	202	883	488	254	742
	JR. GENERAL PRADO	525	410	935	310	211	521
	JR. DÁMASO BERAUN	549	186	735	356	229	585
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA							

RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)							
NOCHE							
		ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES		
		FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES
							
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	508	228	736	183	369	552
	JR. AYACUCHO	494	197	691	678	348	1026
	JR. HUÁNUCO	407	468	875	279	418	697
	JR. GENERAL PRADO	264	483	747	222	310	532
	JR. DÁMASO BERAUN	213	443	656	156	315	471
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA							

Aplicando los Factores de Equivalencia, se puede calcular el flujo total de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora) en cada intersección, para la hora de máxima demanda de la Mañana Tabla N° 32, de la Tarde Tabla N° 33 y Noche Tabla N° 34 como se muestran.

**TABLA N° 32 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora)
en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Mañana (8 am - 9 am)**

<i>RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)</i>								
MAÑANA								
		ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES			TOTAL AMBOS ACCESOS
		FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	
		→	↑		↑	→		
TRANSVERSALES A JR. ABTAO	JR. AGUILAR	518	273	791	274	522	796	1587
	JR. AYACUCHO	434	358	792	438	380	818	1610
	JR. HUÁNUCO	698	173	871	178	390	568	1439
	JR. GENERAL PRADO	511	365	876	322	360	682	1558
	JR. DÁMASO BERAUN	536	252	788	237	498	735	1523
			REQUISITO A	MAYOR A 600		REQUISITO A	MAYOR A 200	MAYOR A 900
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA								REQUISITO B

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 33 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora)
en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Tarde (13 pm - 14 pm)**

<i>RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)</i>								
TARDE								
		ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES			TOTAL AMBOS ACCESOS
		FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	
		→	↑		↑	→		
TRANSVERSALES A JR. ABTAO	JR. AGUILAR	522	180	702	376	254	630	1332
	JR. AYACUCHO	536	240	776	382	346	728	1504
	JR. HUÁNUCO	681	202	883	488	254	742	1625
	JR. GENERAL PRADO	525	410	935	310	211	521	1456
	JR. DÁMASO BERAUN	549	186	735	356	229	585	1320
			REQUISITO A	MAYOR A 600		REQUISITO A	MAYOR A 200	MAYOR A 900
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA								REQUISITO B

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 34 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora)
en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Noche (19 pm - 20 pm)**

<i>RESUMEN DE CONTEO VOLUMÉTRICO EN CADA INTERSECCIÓN VEHÍCULO PATRÓN (AUTO = 1)</i>								
NOCHE								
ANÁLISIS EN EL JR. ABTAO			ANÁLISIS EN LOS JRS. TRANSVERSALES				TOTAL AMBOS ACCESOS	
FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES	FLUJO JR ABTAO VEH/HORA	FLUJO JR TRANSVERSAL VEH/HORA	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES			
TRANSVERSALES A JR. ABTAO	JR. AGUILAR	508	228	736	183	369	552	1288
	JR. AYACUCHO	494	197	691	678	348	1026	1717
	JR. HUÁNUCO	407	468	875	279	418	697	1572
	JR. GENERAL PRADO	264	483	747	222	310	532	1279
	JR. DÁMASO BERAUN	213	443	656	156	315	471	1127
			REQUISITO A	MAYOR A 600		REQUISITO A	MAYOR A 200	MAYOR A 900
								REQUISITO B
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA								

Fuente: Elaboración Propia

Estos Flujo de Automóviles Directos (ADE/hora), se utilizarán posteriormente para el cálculo de tiempos de ciclo óptimo para cada intersección.

Para la coordinación de semáforos en el Jr. Abtao, y observada los Flujos de la Hora de Mayor Flujo Vehicular que se presentan en las Tablas N° 32, 33 y 34; se determinaron los volúmenes para los cuales se muestran los flujogramas respectivos de la hora de Mayor Flujo Vehicular de la mañana de 8:00 – 9:00 am, hora en la cual se determinara la coordinación de semáforos en el Jr. Abtao y sus respectivas intersecciones; en las siguientes Figuras del N° 17 al N° 23 se muestran los Flujogramas de las Intersecciones del área en estudio.

FIGURA N° 17 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (mañana)

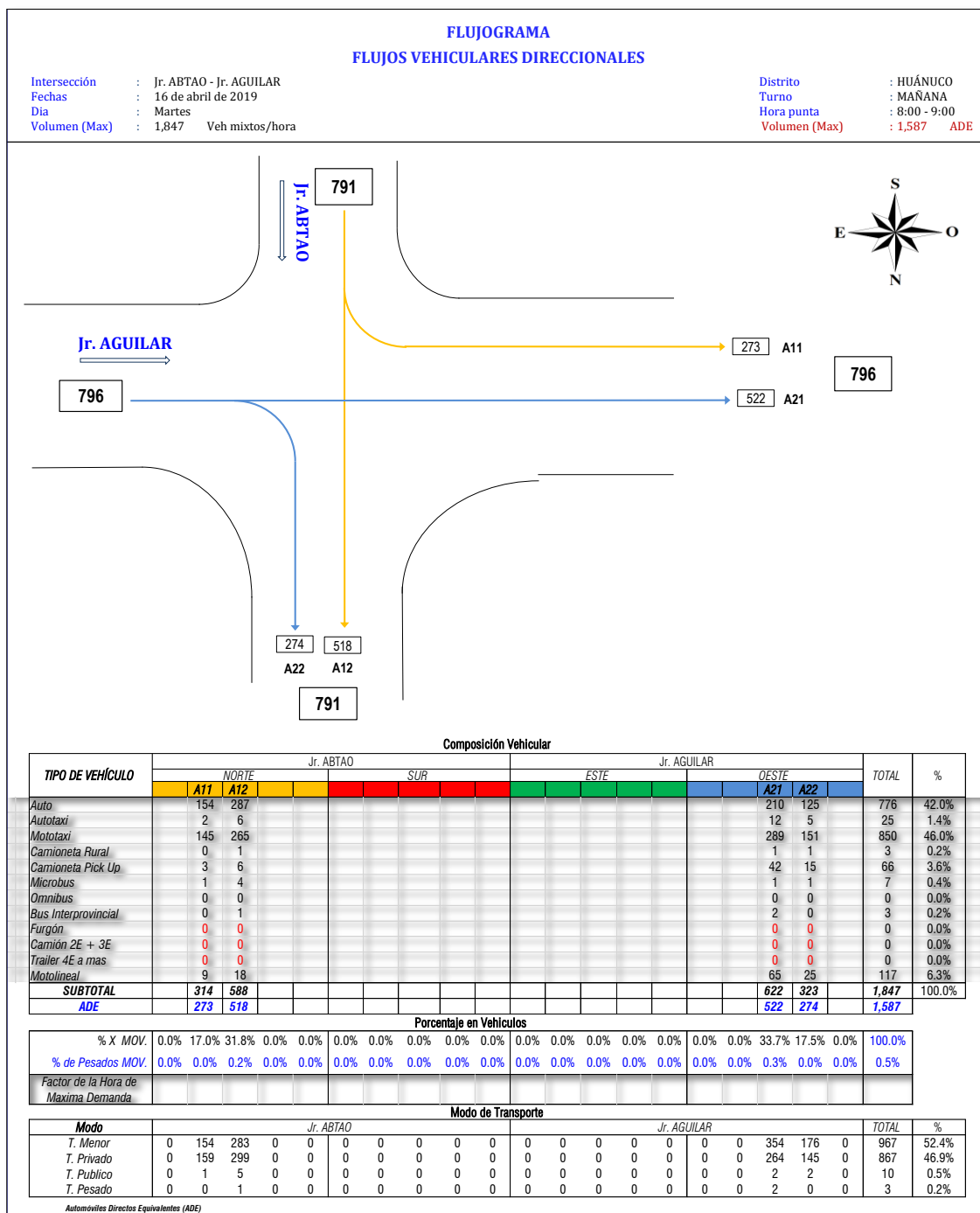


FIGURA N° 17 - B Flujoograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (tarde)

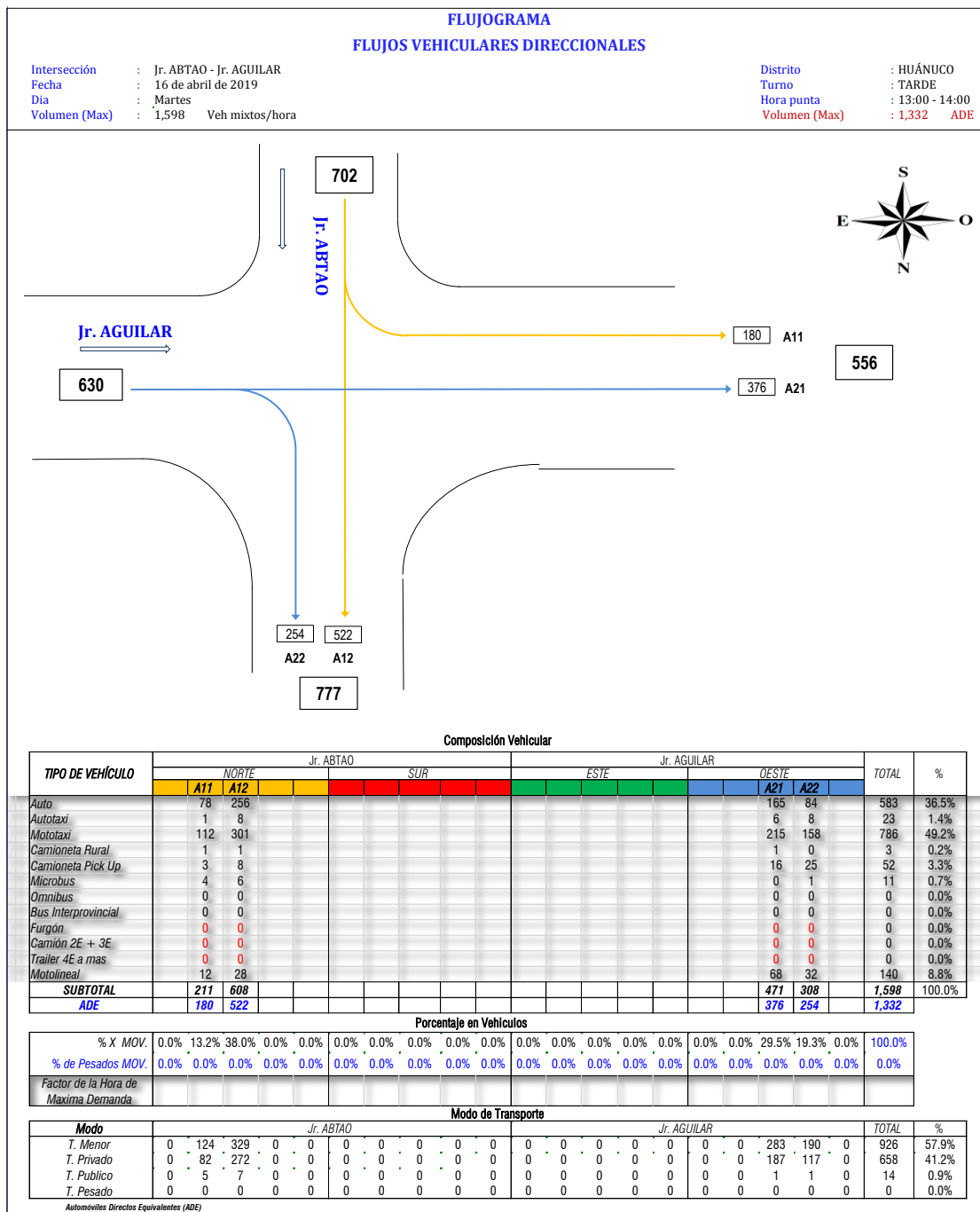


FIGURA N° 17 - C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (noche)

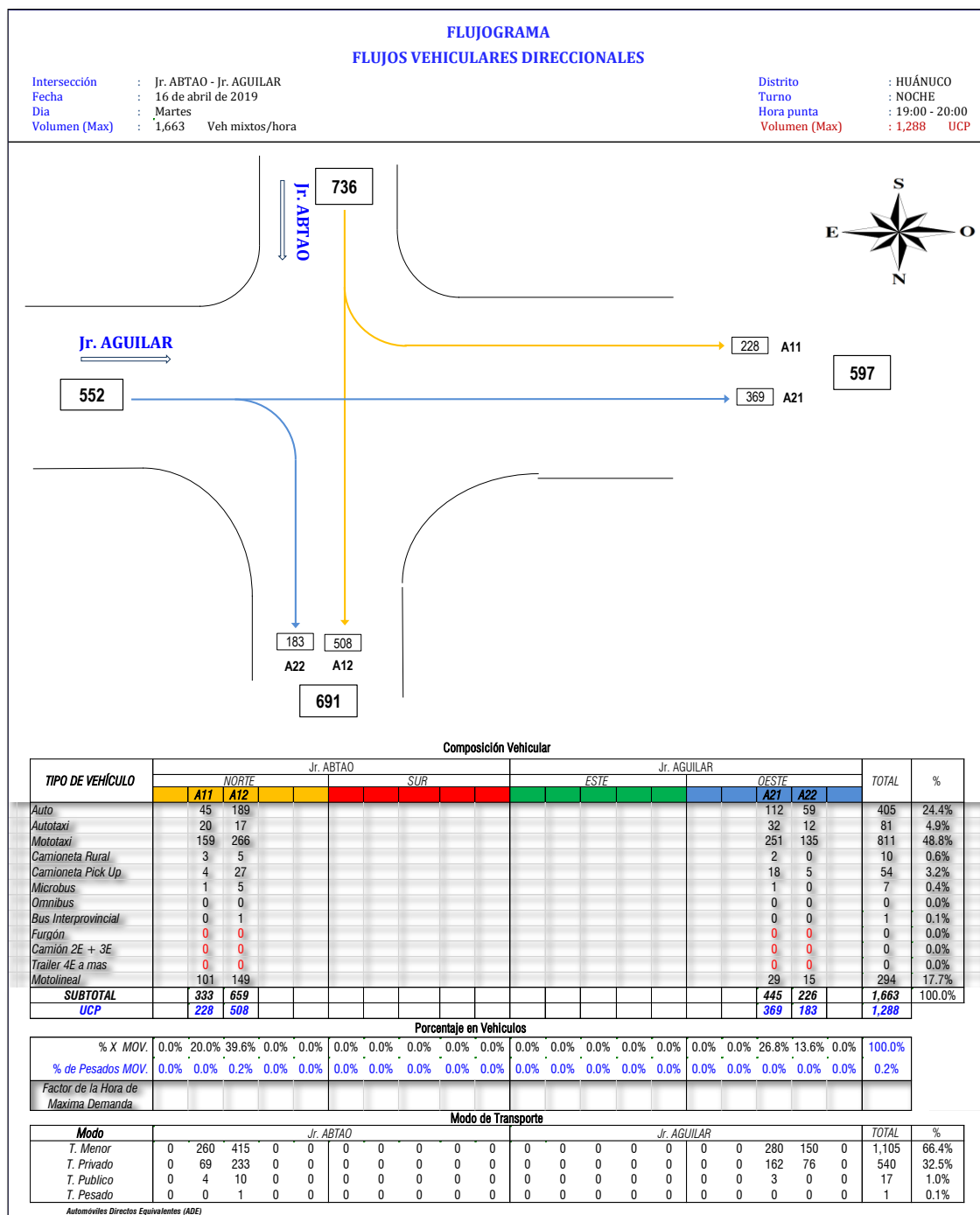


FIGURA N° 18 - A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (mañana)

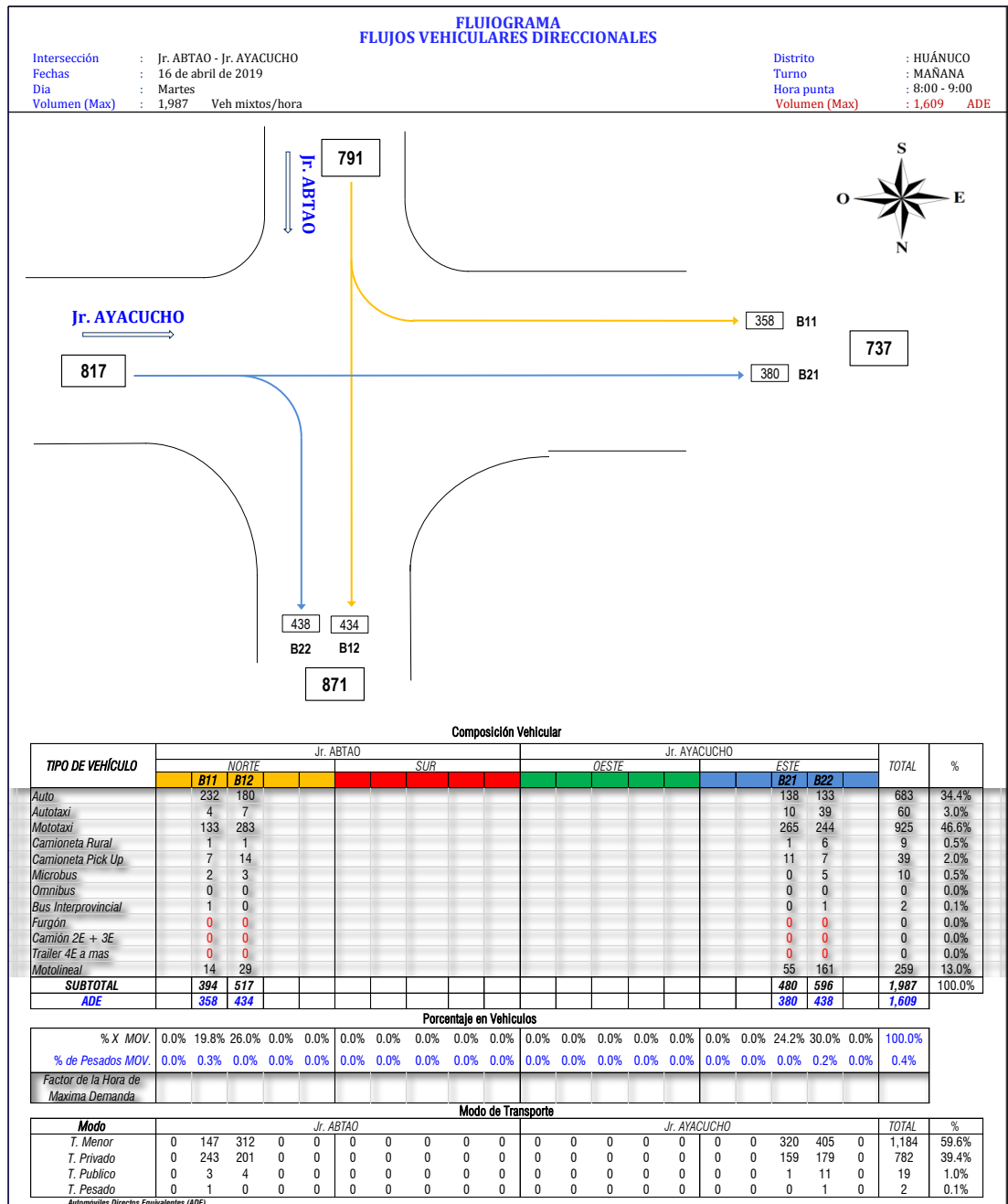


FIGURA N° 18 - B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (tarde)

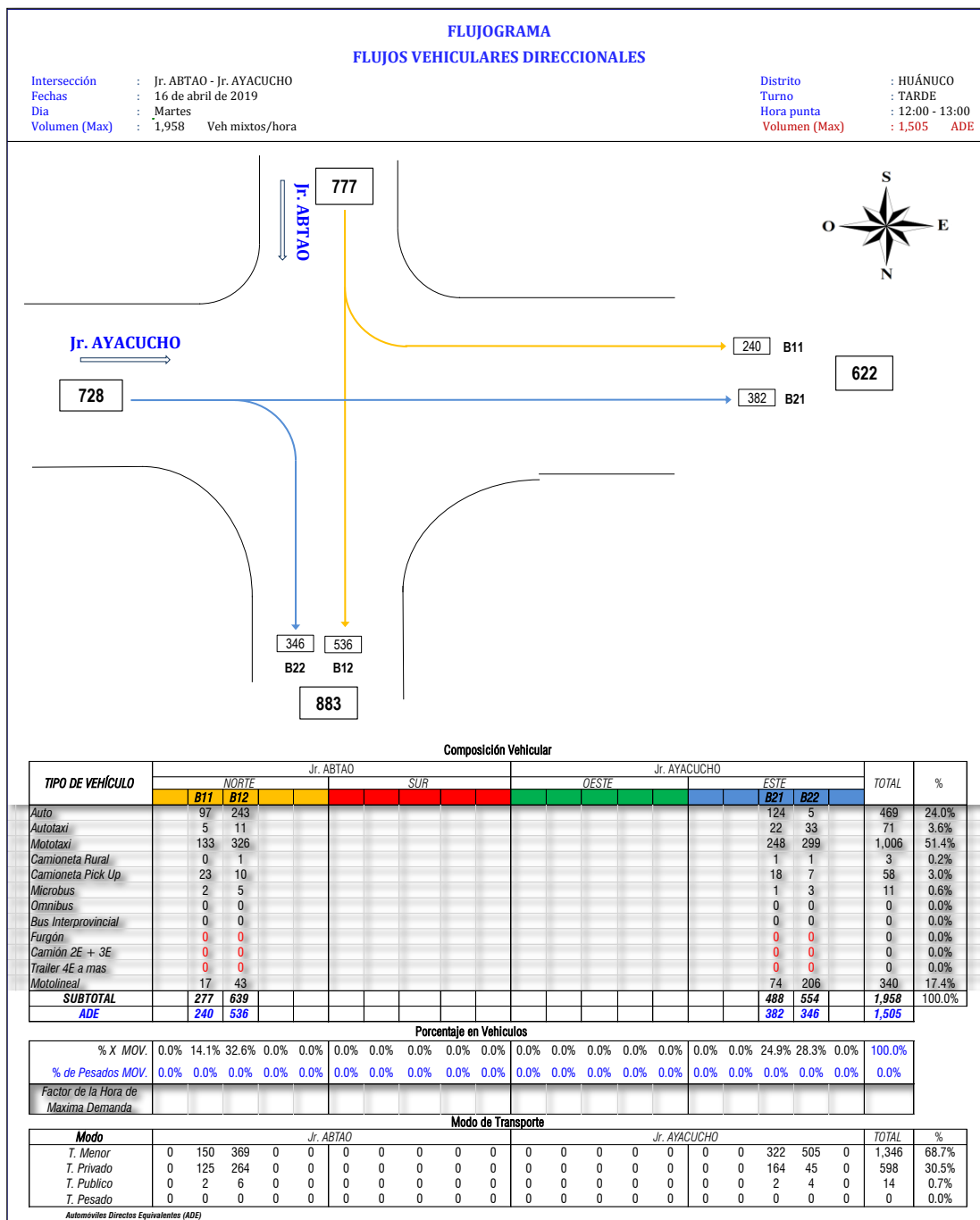


FIGURA N° 18 - C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (noche)

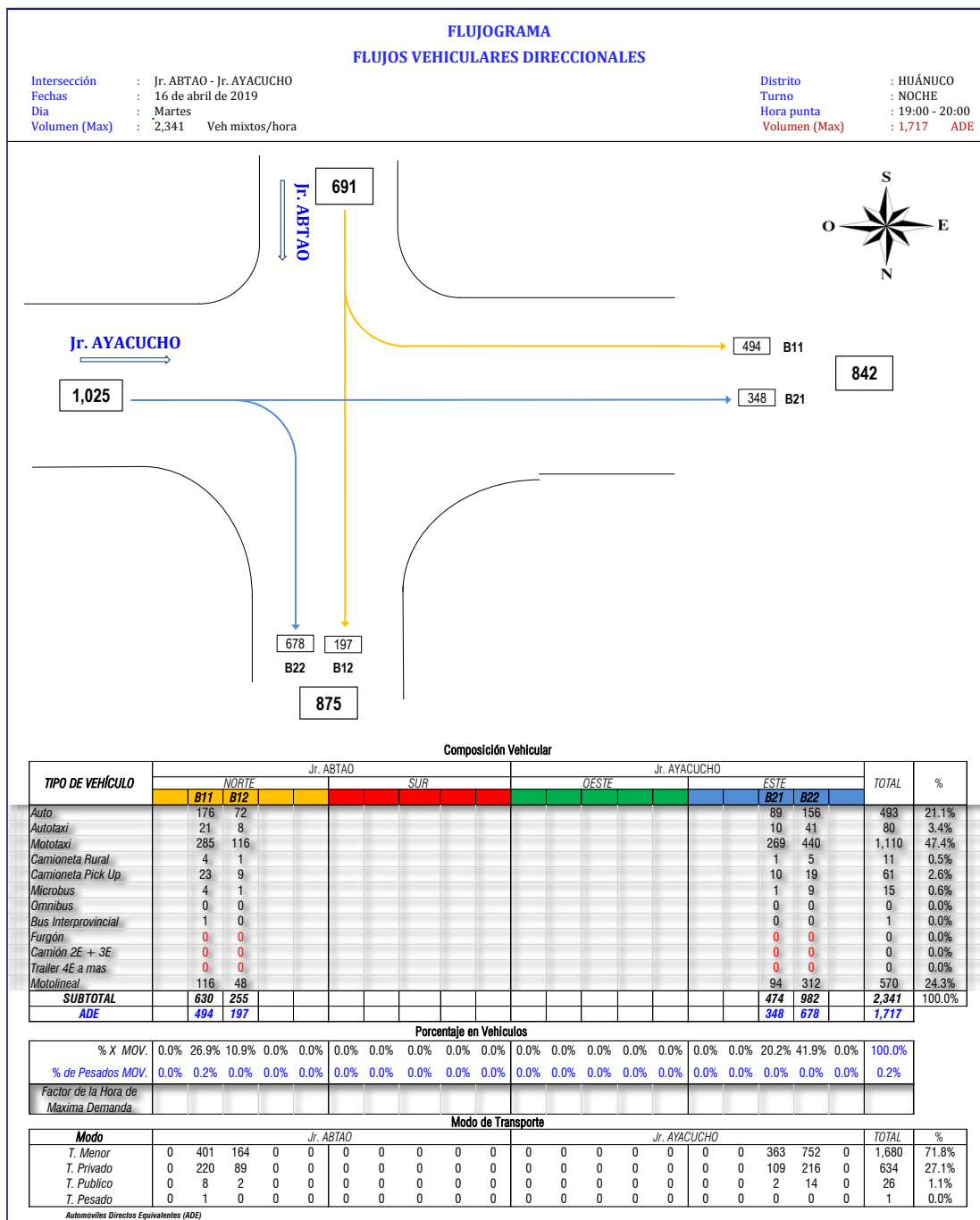


FIGURA N° 19 - A Flujoograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (mañana)

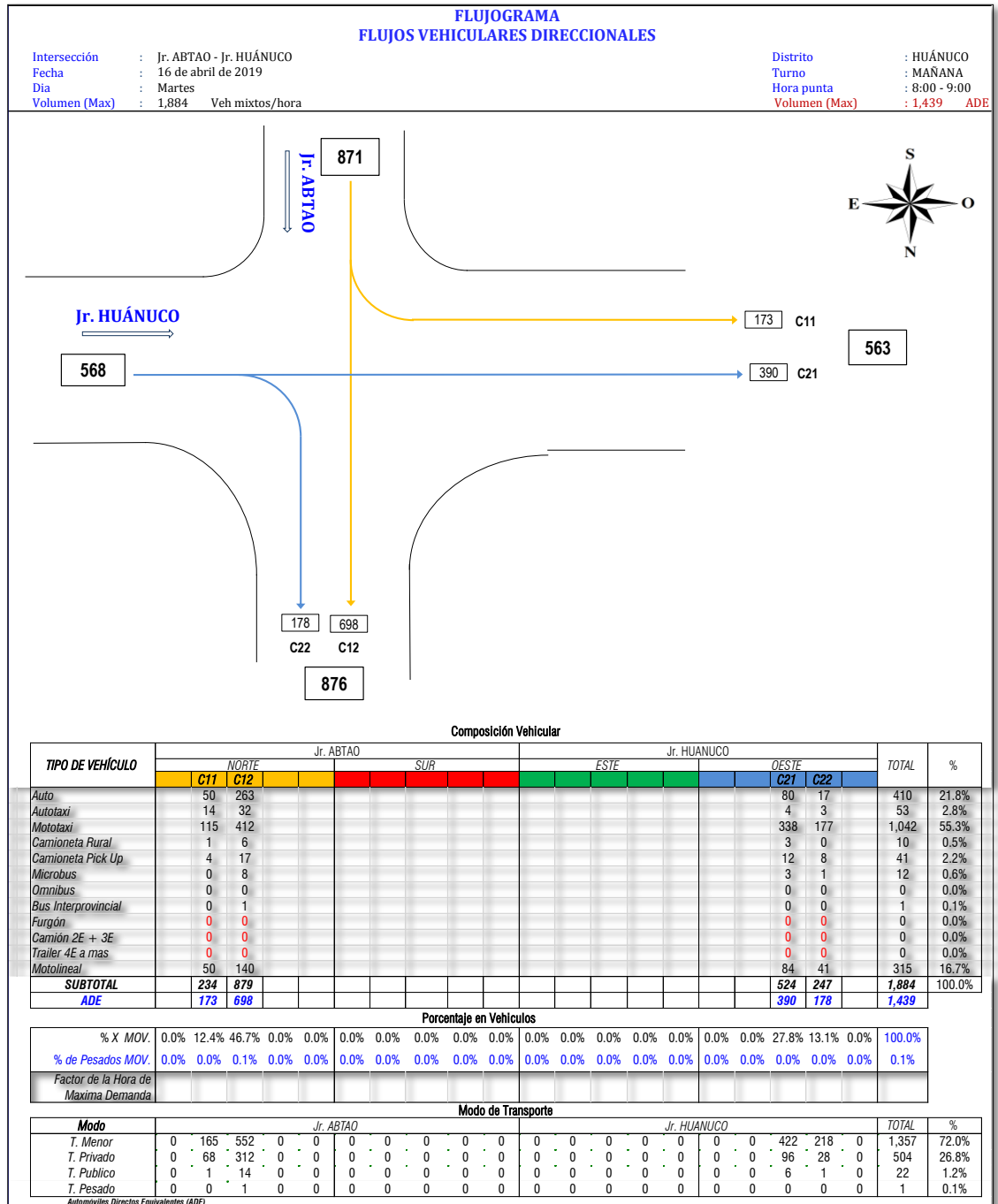


FIGURA N° 19 - B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (tarde)

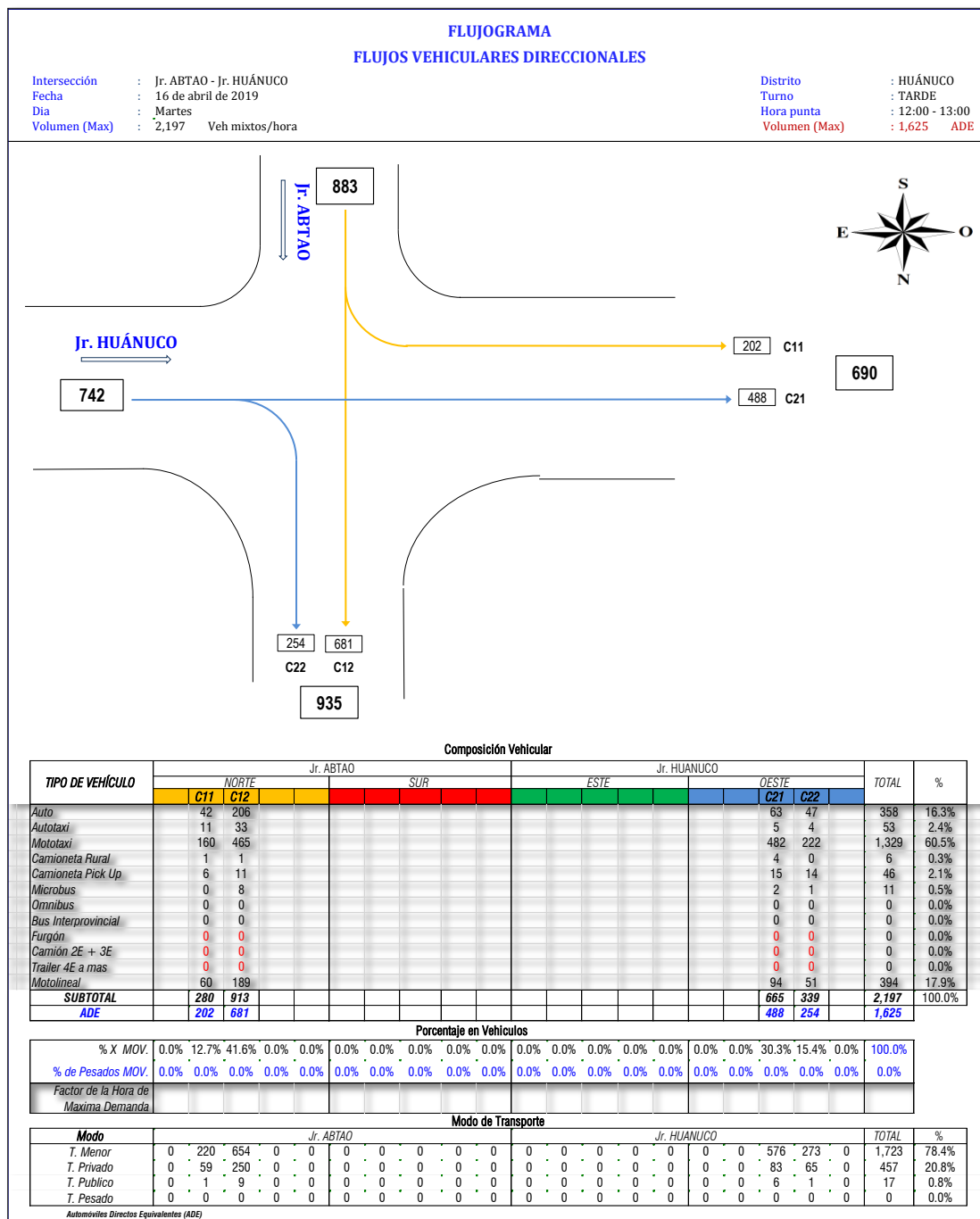


FIGURA N° 19 - C Flujoograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (noche)

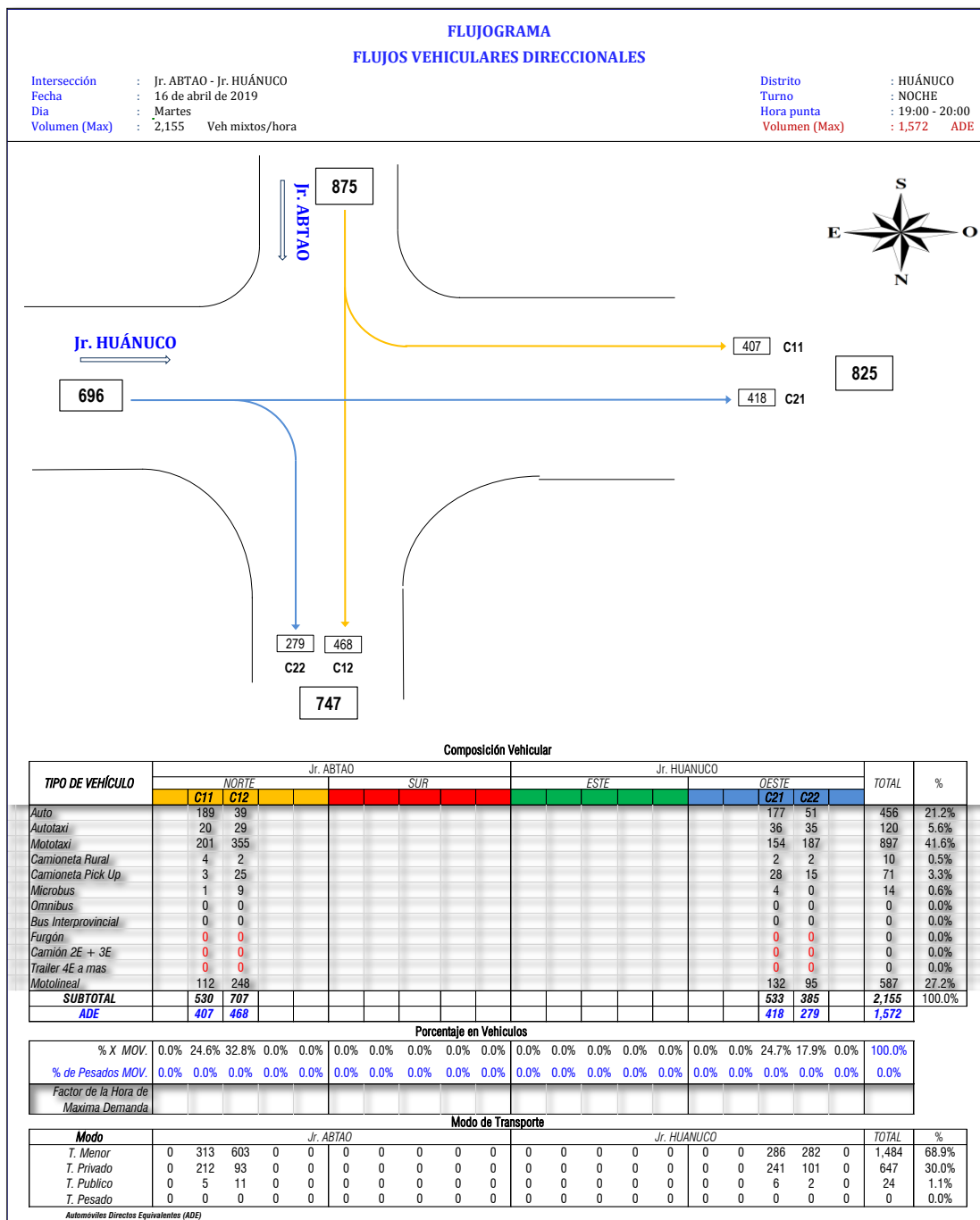


FIGURA N° 20 - A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (mañana)

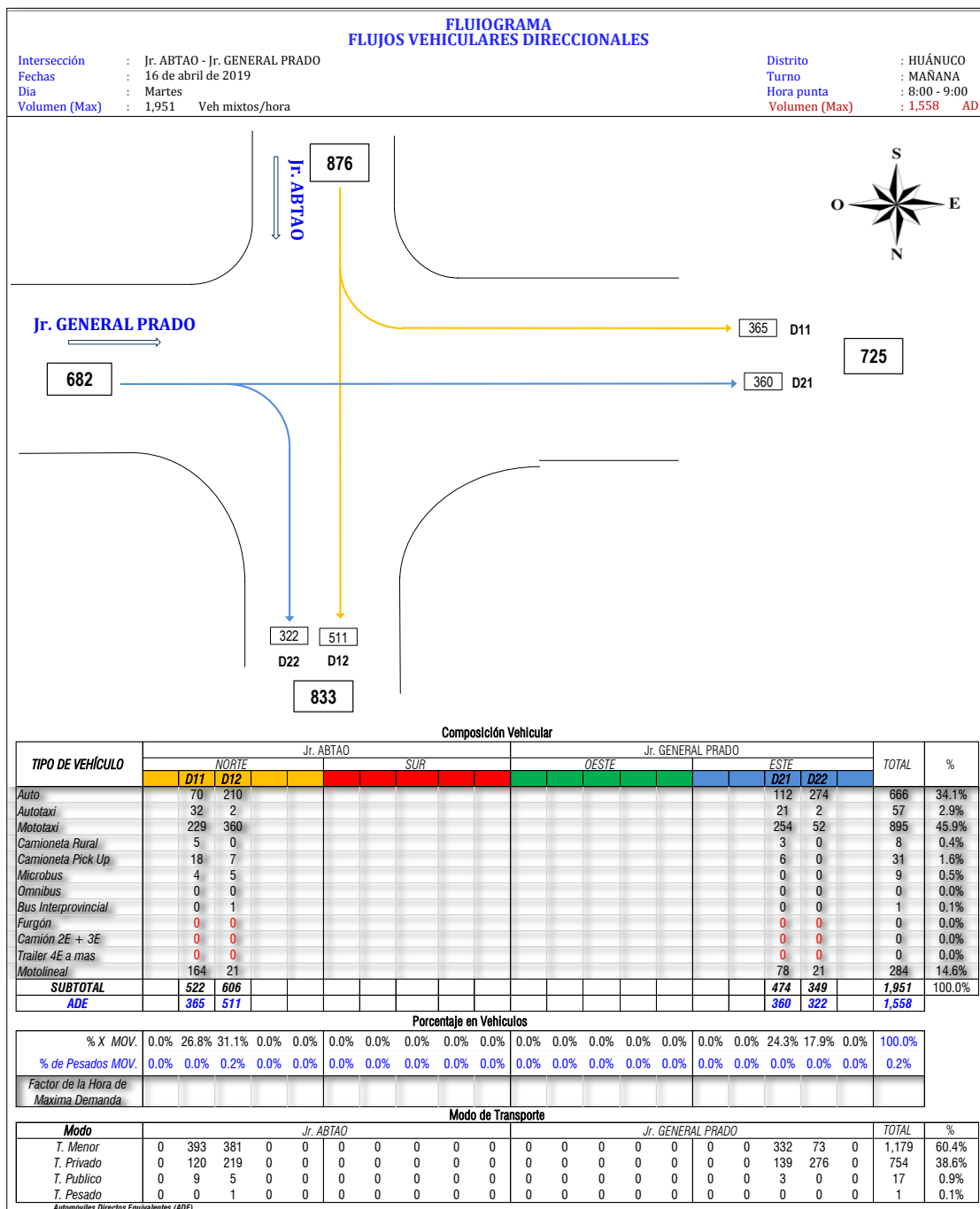


FIGURA N° 20 - B Flujoograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (tarde)

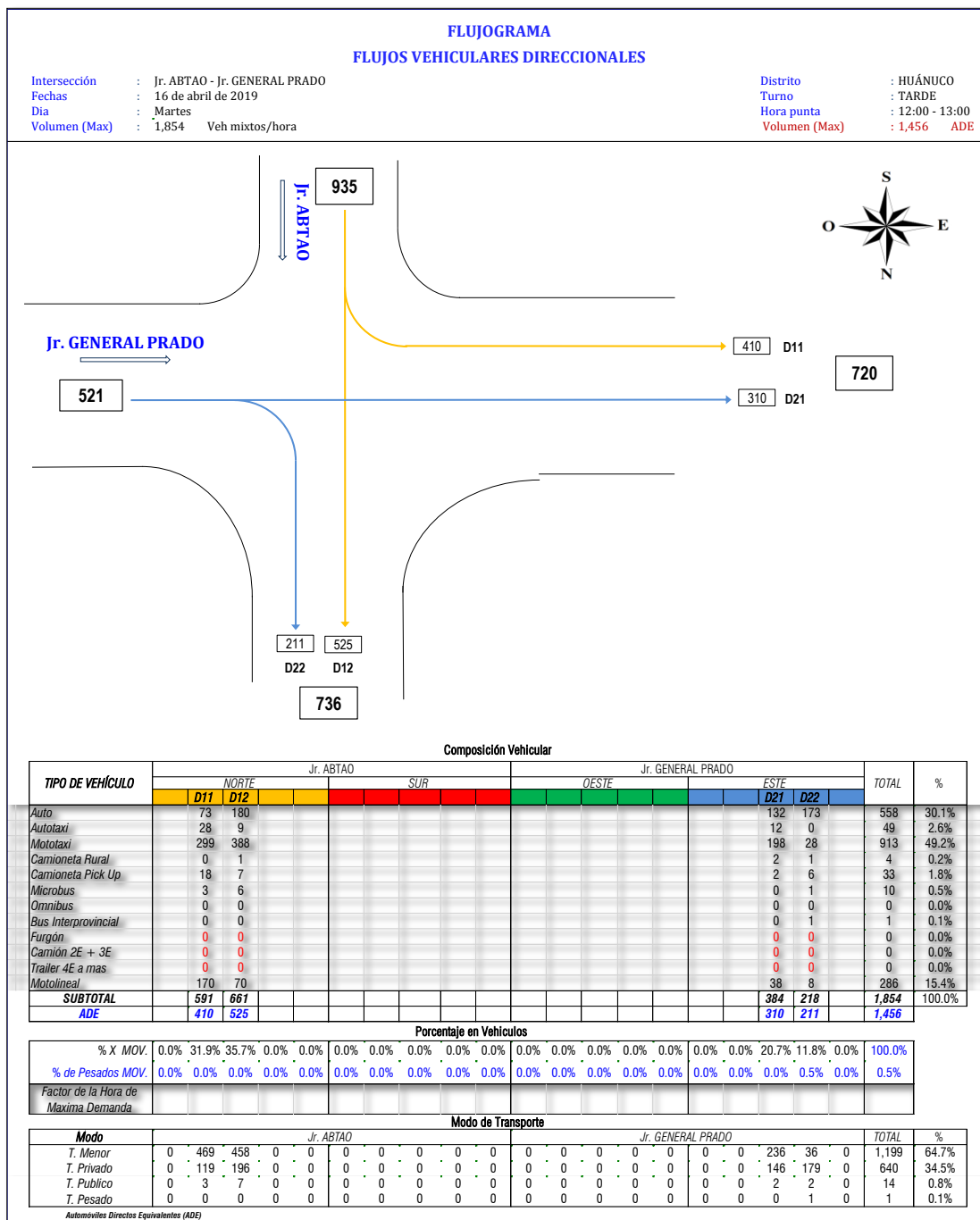


FIGURA N° 20 - C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (noche)

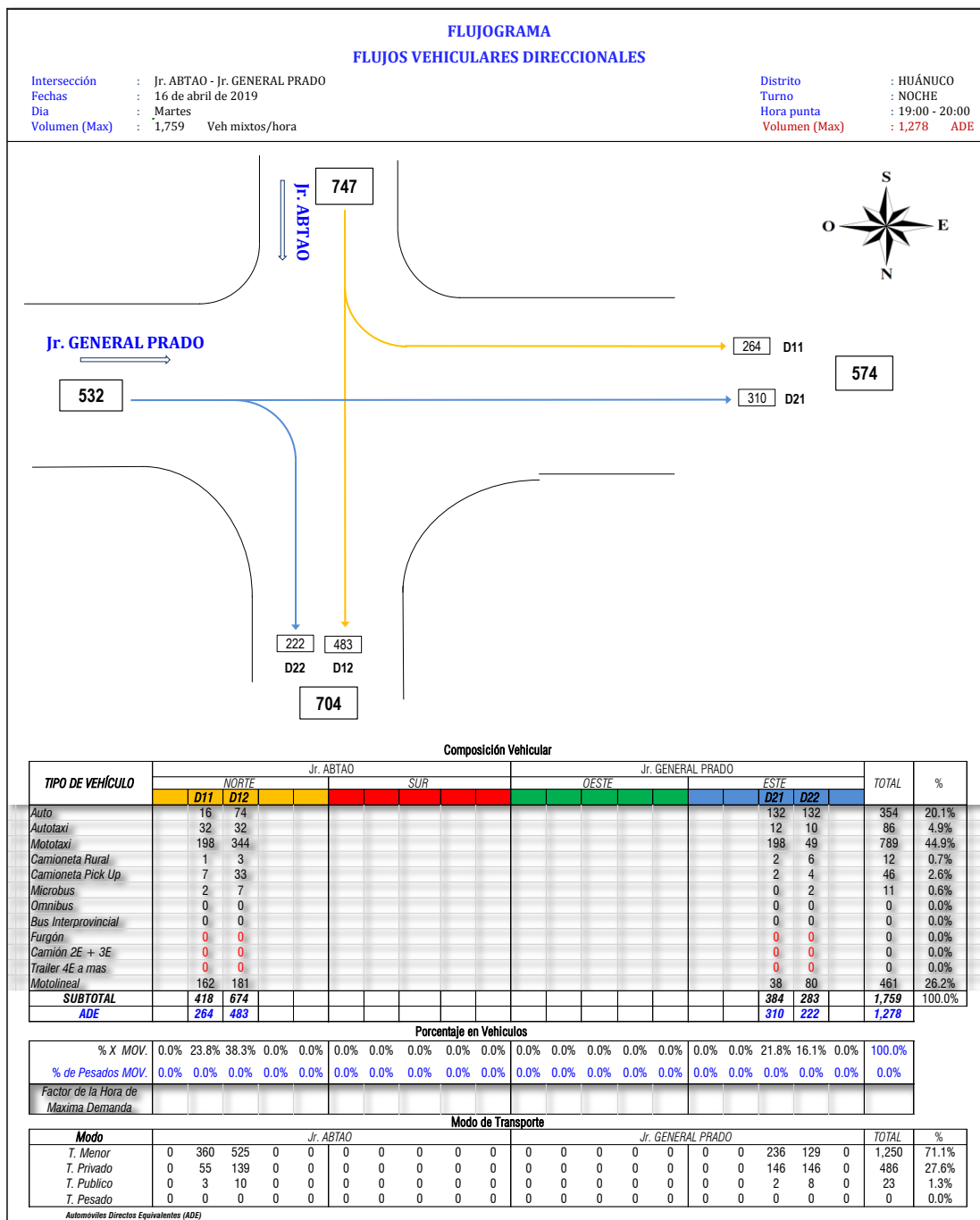


FIGURA N° 21 - A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (mañana)

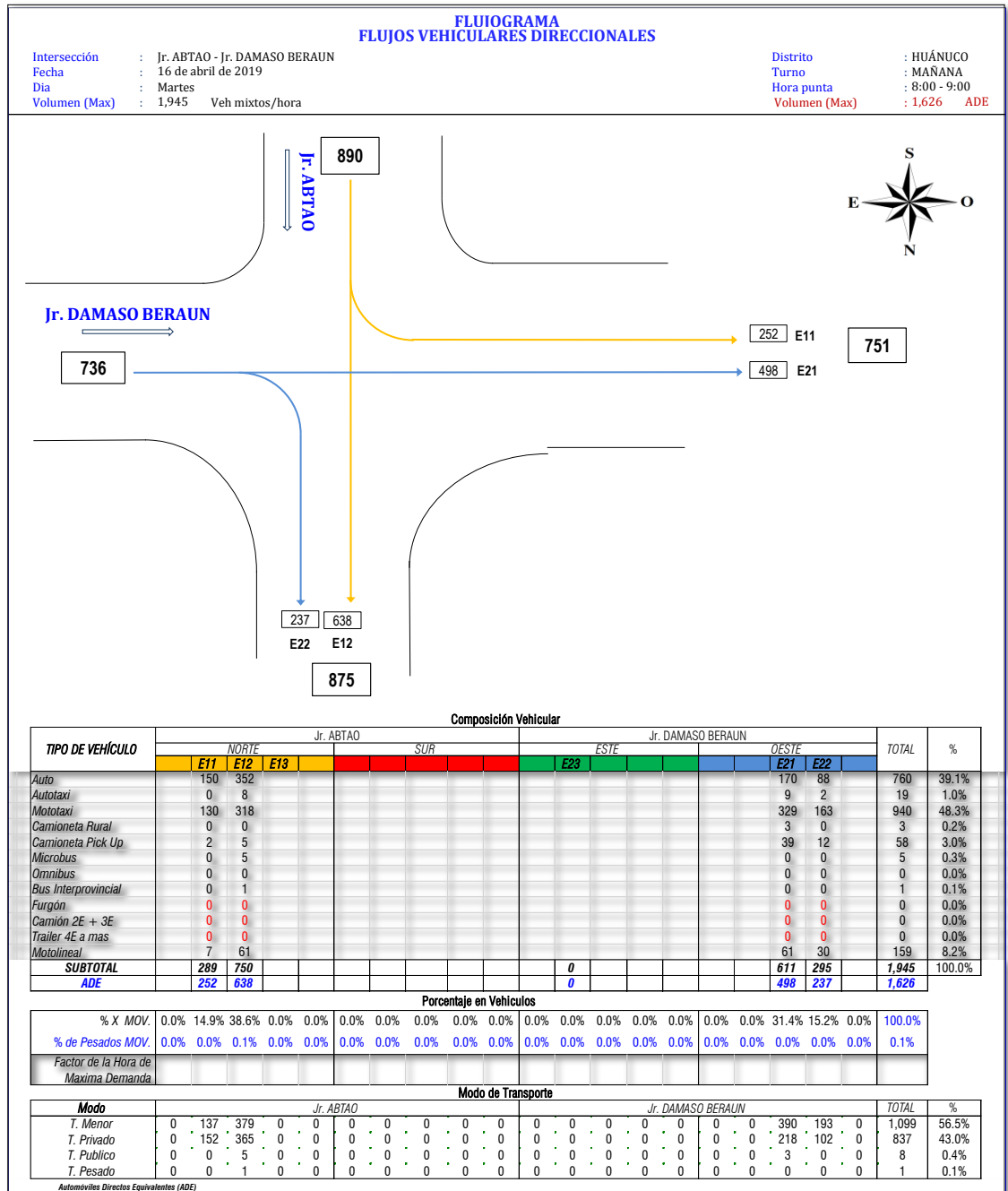


FIGURA N° 21 - B Flujoograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (tarde)

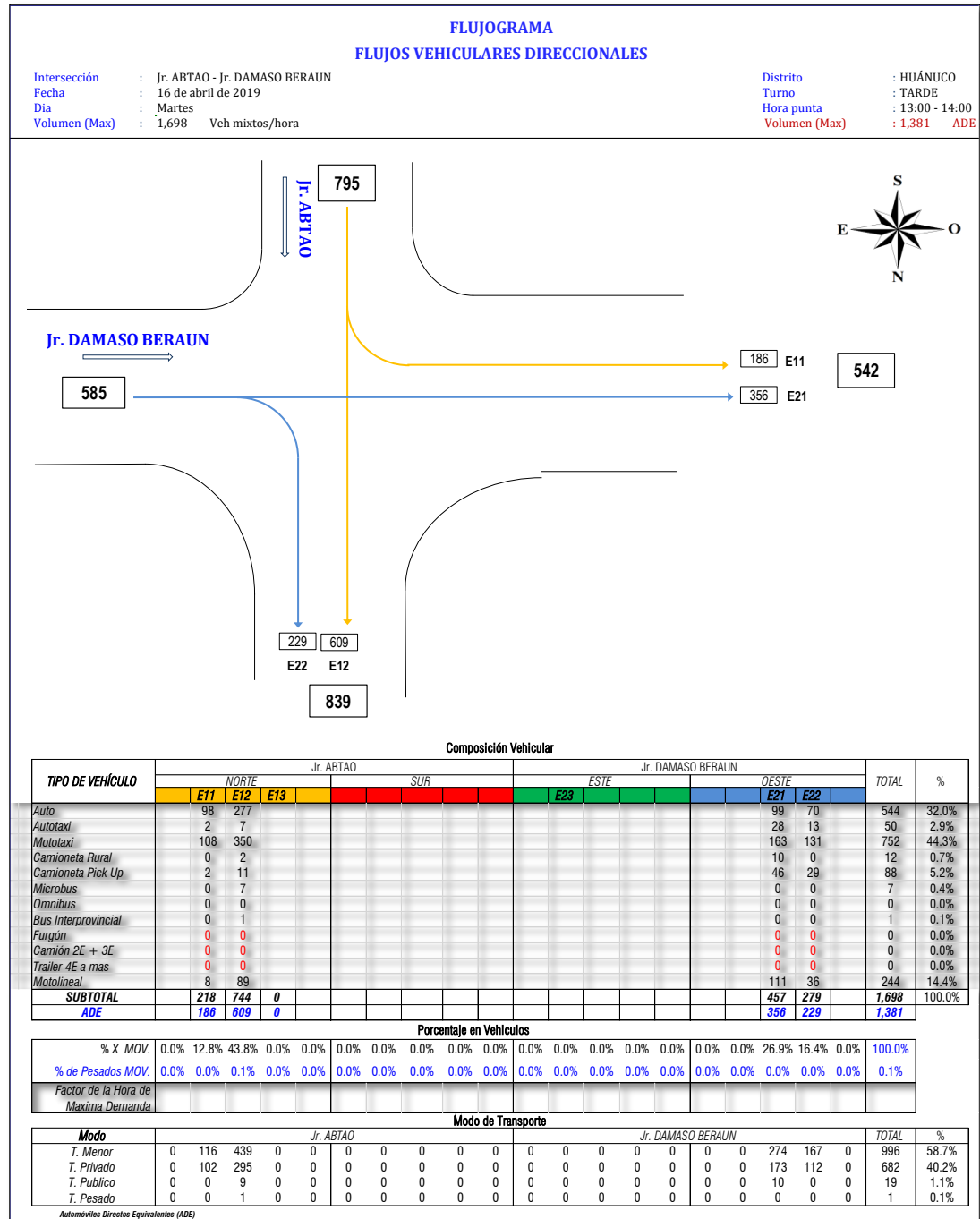
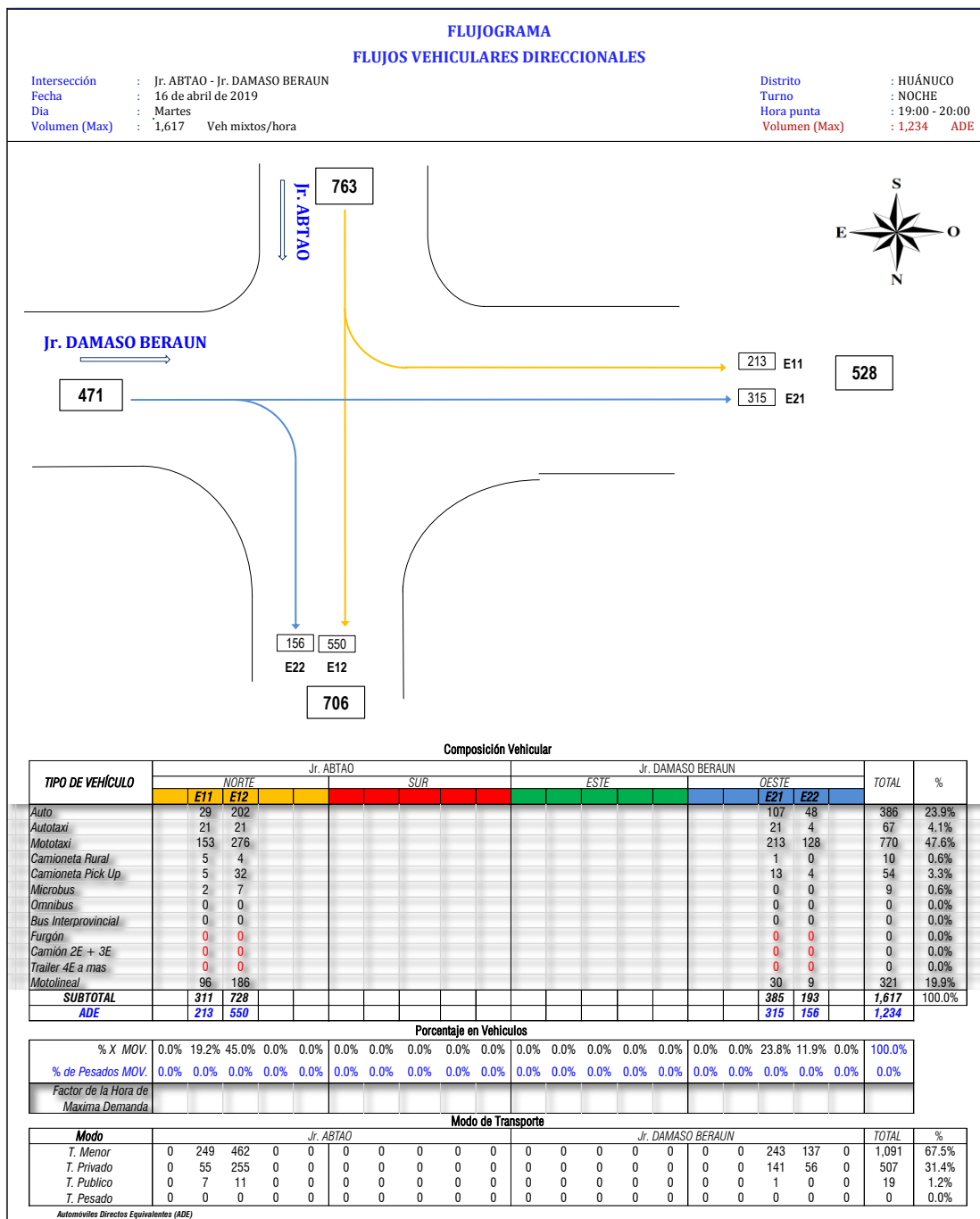


FIGURA N° 22 Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (noche)



Los flujogramas respectivos de la hora de Mayor Flujo Vehicular de la tarde y de la noche se presentarán en los Anexos.

3.3.5. REQUISITOS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA NECESIDAD DE UN SEMÁFORO

Requisito A:

TABLA N° 35 Volumen Mínimo de Vehículos

Número de Carriles de Circulación por Acceso en Ambos Accesos		Vehículos por Hora	
Calle Principal	Calle Secundarios	Calle Principal	Calle de Mayor Acceso
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
2 o más	2 o más	500	200

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, TOMO XII, Manual Normativo, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Secretaria de Desarrollo Social – SEDESOL, México, 2003.

Fuente: CAL Y MAYOR. CAL Y MAYOR, Rafael y Cárdenas James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. Ed. Alfaomega. México, Enero 2010.

Se requiere de la Instalación de Semáforos en cada una de las Intersecciones descritas en la Tabla N° 37, resumen de conteo volumétrico en cada intersección vehículo patrón (auto = 1) – En horas de la Mañana de 8 a 9.

3.3.6. CÁLCULOS DE LOS PARÁMETROS DE CADA SEMÁFORO

Para lograr un abastecimiento continuo de tráfico y evitar un congestionamiento excesivo en las intersecciones semaforizadas, es necesario contar con un sistema de paso continuo a medida que se circula en una vía, para ello se han desarrollado metodologías muy conocidas y aplicadas alrededor del mundo, una de ellas son las ecuaciones planteadas por **Webster y Cobbe** en el año de 1966, desde entonces han sido universalmente aplicadas hasta la actualidad. Con conocer los datos de flujo de tráfico y geometría de la intersección se puede obtener los parámetros de diseño y quedar determinado los tiempos óptimos de los diferentes intervalos de fases que satisfaga el flujo de tránsito.

3.3.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE FASES PARA CADA SEMÁFORO Y LA SECUENCIA DE LAS MISMAS

En nuestra vía en estudio que consta de una sola dirección Sur - Norte y giro en las calles transversales; el tipo de semáforo implementado actualmente en todas las intersecciones es el de 2 fases, el cual es el apropiado, las fases de los semáforos tienen la misma secuencia de

colores (roja, ámbar, verde), en donde la secuencia de los intervalos de cada fase se dispone en la Figura N° 16:

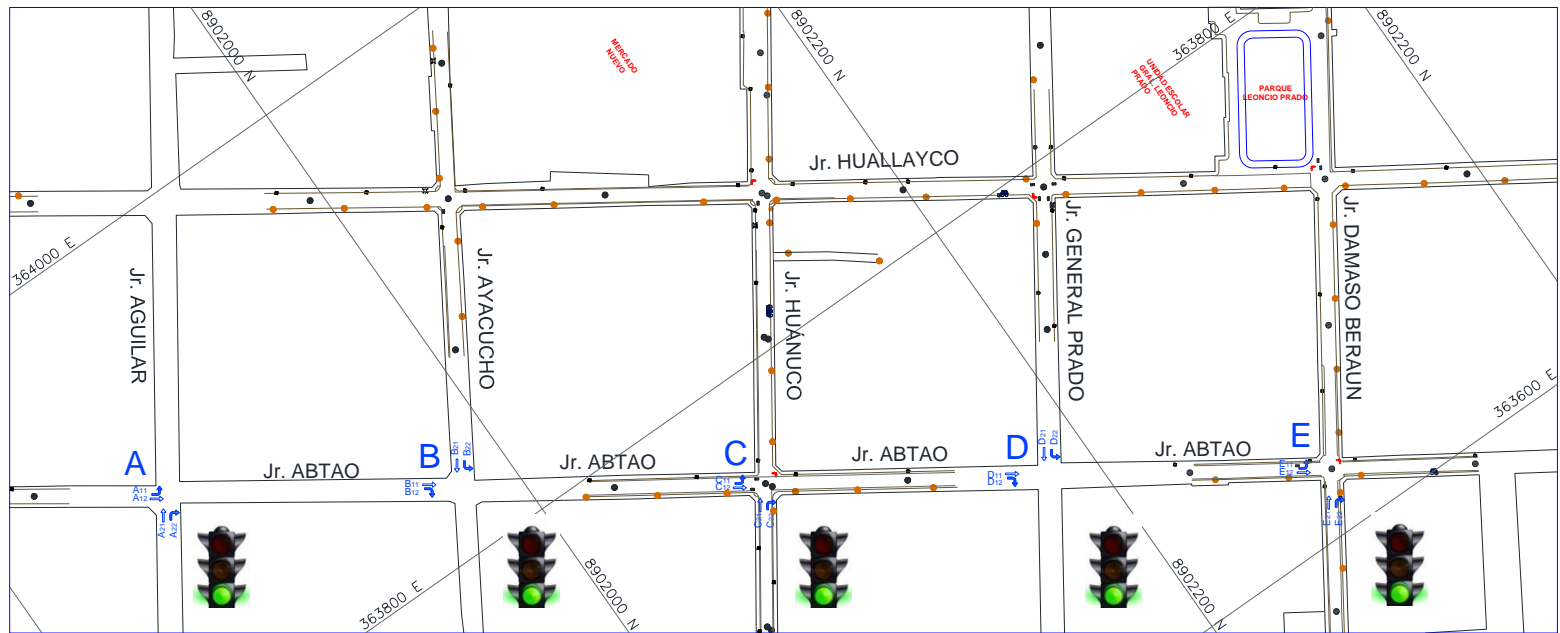
FIGURA N° 23 Colores de los Intervalos



El Jr. Abtao, que es la vía en estudio, en todas sus intersecciones al ser unidireccional el tráfico, se debe implementar semáforos de dos fases:

Fase 1: Que permita el paso de vehículos en el Jr. Abtao en dirección Norte - Sur, durante el tiempo de verde, podrán dentro de la misma fase girar solo hacia la derecha o solo hacia la izquierda dependiendo de la dirección que tenga la vía de la intersección (transversales), debido a que cada intersección tiene una dirección determinada.

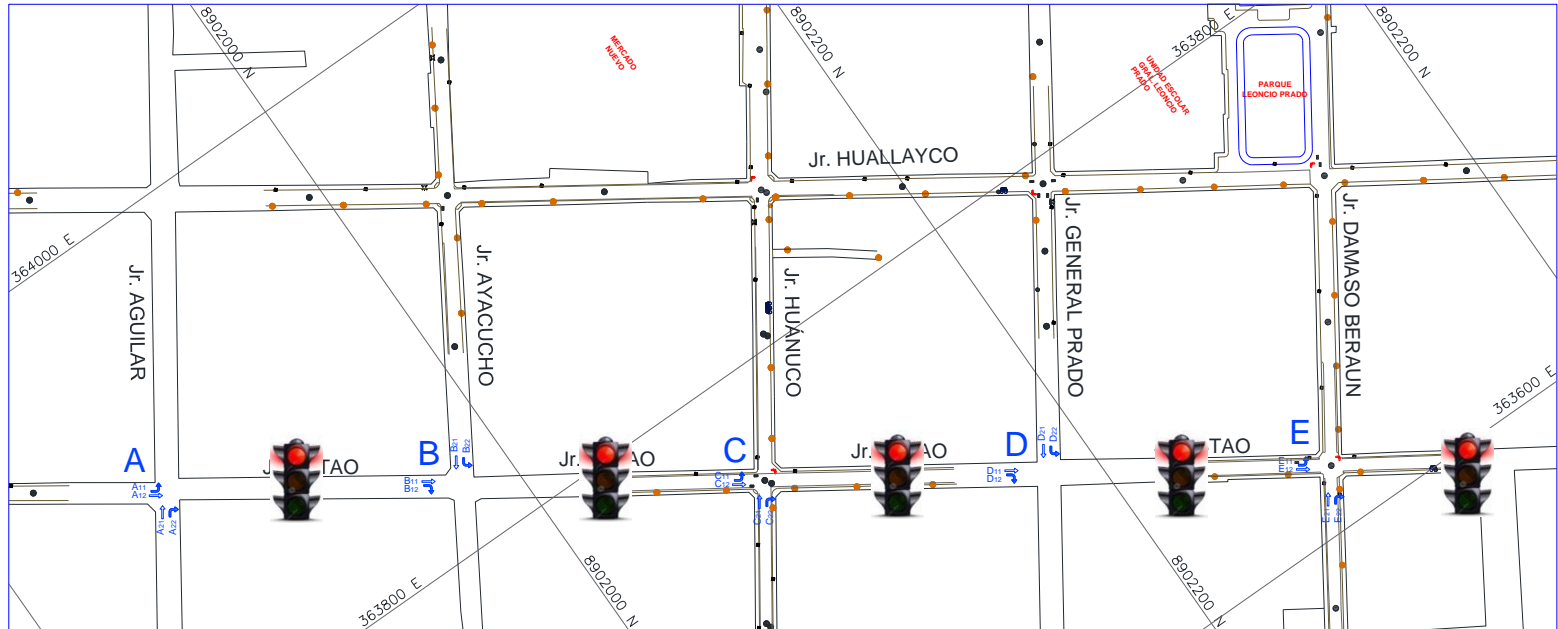
FIGURA N°32 Fase 1 Verde: Jr. Abtao



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Restringe el paso del Jr. Abtao, tienen verde las calles transversales que llegan a ésta intersección, pueden circular en sentido Este - Oeste y Oeste – Este, dependiendo del flujo de la intersección (transversal), con opción a girar en dirección Norte.

FIGURA N°33 Fase 2 Rojo: Jr. Abtao



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.8. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE CICLO ÓPTIMOS PARA LOS SEMÁFOROS DE LAS INTERSECCIONES DE MAYOR DEMANDA

Para el cálculo de los tiempos de ciclo óptimo, utilizaremos los valores de los flujos de automóviles directos equivalentes (ADE) pertenecientes a las seis intersecciones de mayor demanda. Se ha calculado el tiempo de ciclo óptimo para las intersecciones de mayor demanda ya que éstas nos darán tiempos de ciclo mayores que aquellas intersecciones con menores flujos vehiculares.

Los valores de los tiempos de: intervalo de cambio de fase y longitud del ciclo óptimo en las intersecciones, se diseñarán considerando una velocidad de 30km/h (que es la velocidad promedio de flujo), con el fin de obtener resultados acordes con la realidad. La velocidad de 30km/h cuando se encuentra en las horas de máxima demanda en donde la velocidad de circulación es muy baja debido al alto tráfico.

Este diseño a una velocidad de 30km/h se realizará con el fin de recomendar el tiempo de ciclo, cuando exista mayor flujo de vehículos en la hora punta.

3.3.8.1. CÁLCULO DE FLUJOS DE SATURACIÓN

A continuación, se detalla el procedimiento para encontrar el Flujo de Saturación del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho.

Se parte de la hipótesis de que el flujo de saturación en condiciones ideales es de **So = 1900** ADE/hora de luz verde por carril.

FACTOR POR ANCHO DE CARRIL

Número de Carriles 2 (**N = 2**)

El ancho total de calzada 6.75 m, por lo tanto, cada carril tendrá 6.75 / 2 = 3.375 metros de ancho (**W = 3.375 m**).

$$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

$$f_w = 1 + \frac{3.375 - 3.6}{9}$$

$$f_w = 0.975$$

FACTOR POR PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS

El porcentaje de pesados en el tramo es 0.2% (Tabla N° 37).

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV (ET - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0.2 (2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.998$$

FACTOR POR GRADIENTE EN EL ACCESO

La gradiente del Jr. Abtao es 0.4%.

$$fg = 1 - \frac{\%G}{200}$$

$$fg = 1 - \frac{0.4}{200}$$

$$fg = 0.998$$

FACTOR POR LA EXISTENCIA DE CARRILES DE ESTACIONAMIENTO ADYACENTES AL GRUPO DE CARRILES

Como no existen parqueos:

$$fp = 1.00$$

FACTOR POR BLOQUEO DE BUSES QUE PARAN EN EL AREA DE LA INTERSECCIÓN

El número de buses por pasa en este tramo es de 5 buses/hora (Tabla N° 37).

$$fbb = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3600}}{N}$$

$$fbb = \frac{2 - \frac{14.4x5}{3600}}{2}$$

$$fbb = 0.99$$

FACTOR POR EL TIPO DE ÁREA

Se considera que el Jr. Abtao está ubicado en la zona central de la ciudad (CBD), por lo que se recomienda tomar:

$$fa = 0.900$$

FACTOR POR UTILIZACIÓN DE CARRILES

El factor de Utilización de Carril, se toman los datos de la (Tabla N° 37).

$$f_{LU} = \frac{Vg}{Vg1 \times N}$$

$$f_{LU} = \frac{518 + 274}{518 \times 2}$$

$$f_{LU} = \mathbf{0.764}$$

FACTOR POR VUELTAS A LA IZQUIERDA

El factor $f_{LT}=1.0$, porque no existe giros a la izquierda.

FACTOR POR A LA DERECHA

El factor de vuelta a la derecha tenemos, tomando los valores obtenidos en la (Tabla N° 37).

$$f_{RT} = 1 - 0.15 \times P_{RT}$$

$$f_{RT} = 1 - 0.15 \times \left(\frac{274}{518 + 274} \right)$$

$$f_{RT} = \mathbf{0.948}$$

FACTOR POR PEATONES Y CICLISTAS PARA VUELTAS A LA IZQUIERDA Y DERECHA

El factor por peatones se toma 1 ($f_{Lpb}=1.0$), porque existe paso cebra.

El factor por bicicletas se toma 1 ($f_{Rpb}=1.0$), porque no existe control de paso para las mismas, ya que algunas circulan por los carriles.

El Flujo de Saturación para los 2 carriles de la intersección del Jr.

Abtao y el Jr. Aguilar es:

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$$

Ecuación (14)

$$S_i = 1900 \times 2 \times 0.975 \times 0.998 \times 0.998 \times 1 \times 0.99 \times 0.90 \times 0.764 \times 1 \times 0.948 \times 1 \times 1$$

$$S_i = 2380.45 \text{ Vehículos Equivalentes / hora de luz verde}$$

TABLA N° 38 Flujos de Saturación a las Intersecciones del Jr. Abtao Longitudinal al Jr. Abtao.

		fw	fHV	fg	fp	fb	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	Flujo Saturación ADE/hora Ambos Carriles	Flujo Saturación ADE/hora Un Carril
TRANSVERSALES AL JR.	JR. AGUILAR	0.975	0.998	0.998	1.000	0.990	0.900	0.764	1.000	0.948	1.000	1.000	2380.45	1190.23
	JR. AYACUCHO	0.933	0.998	0.998	1.000	0.990	0.900	0.912	1.000	0.932	1.000	1.000	2677.16	1338.58
	JR. HUANUCO	0.950	0.999	0.998	1.000	0.984	0.900	0.624	1.000	0.970	1.000	1.000	1929.47	964.74
	JR. GENERAL PRADO	0.950	0.998	0.998	1.000	0.982	0.900	0.857	1.000	0.938	1.000	1.000	2553.57	1276.79
	JR. DAMASO BERAUN	1.156	0.999	0.998	1.000	0.990	0.900	0.663	1.000	0.963	1.000	1.000	2491.49	1245.75

TABLA N° 39 Flujos de Saturación a las Intersecciones del Jr. Abtao Transversales al Jr. Abtao

		fw	fHV	fg	fp	fb	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	Flujo Saturación ADE/hora	Flujo Saturación ADE/hora Un Carril
TRANSVERSALES AL JR.	JR. AGUILAR	1.058	1.000	0.998	1.000	0.996	0.900	0.762	1.000	0.948	1.000	1.000	2601.52	1300.76
	JR. AYACUCHO	1.008	0.998	0.998	1.000	0.990	0.900	0.934	1.000	0.930	1.000	1.000	2953.99	1477.00
	JR. HUÁNUCO	0.933	1.000	0.998	1.000	0.992	0.900	0.728	1.000	0.953	1.000	1.000	2193.05	1096.53
	JR. GENERAL PRADO	1.017	1.000	0.998	1.000	1.000	0.900	0.947	1.000	0.929	1.000	1.000	3054.12	1527.06
	JR. DÁMASO BERAUN	0.975	1.000	0.998	1.000	1.000	0.900	0.738	1.000	0.952	1.000	1.000	2337.00	1168.50

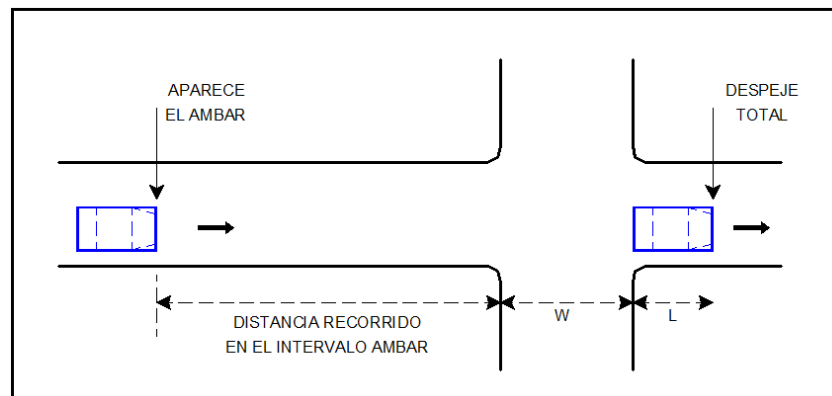
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.8.2. CÁLCULO DEL INTERVALO DE CAMBIO DE FASE

Cálculo de los intervalos de ámbar y todo rojo (Intervalo de cambio de fase)

El intervalo de cambio de fase viene expresado por la suma de los intervalos de ámbar y todo rojo de un ciclo.

FIGURA N° 26 Intervalo de Cambio de Fase.



Intervalo de Cambio de Fase = Ámbar + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \quad \text{Ecuación (01)}$$

Dónde:

y = intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de deceleración (3.05 m/s²)

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo predominante

Para la Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar.

$$t = 1.00 \text{ s}$$

$$a = 3.05 \text{ m/s}^2$$

$$W = 11.40 \text{ m}$$

$$L = 2.65 \text{ m}$$

Se mostrará tres valores de intervalos de cambio de fase correspondiente a velocidades de 25 km/h 30km/h y 35 km/h.

$$y = \left(1 + \frac{v}{2 \times 3.05}\right) + \left(\frac{W + 2.65}{v}\right)$$

V (km/h)	W (m)	Y	AMBAR	TODO ROJO
25	11.4	4.00	2.5	1.50
30	11.4	4.00	2.5	1.50
35	11.4	4.00	2.5	1.50

El tiempo de 4 segundos es recurrente para el rango de 25km/h a 35km/h.

**TABLA N° 40 Intervalo de Cambio de Fase en Cada Intersección –
Tiempo Perdido para las dos Fases**

		Y	AMBAR	TODO ROJO	L (TIEMPO PERDIDO PARA TODAS LAS FASES)
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	4.00	2.50	1.50	8.00
	JR. AYACUCHO	4.00	2.50	1.50	8.00
	JR. HUANUCO	4.00	2.50	1.50	8.00
	JR. GRAL PRADO	4.00	2.50	1.50	8.00
	JR. DAMASO BERAUN	4.00	2.50	1.50	8.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.8.3. CÁLCULO DE TIEMPOS DE CICLO ÓPTIMO

Para calcular el tiempo de ciclo óptimo o tiempo de ciclo mínimo en cada intersección, el cual permitirá a todo el tráfico que está esperando la señal verde pasar por la intersección, deberemos conocer los valores “y” de las mismas. El valor “y” en cada aproximación es igual a la relación entre el flujo existente en la misma dividido para su flujo de saturación.

El valor del “ y_{total} ” será la suma del valor “y” máximo para cada ingreso a la intersección.

TABLA N° 41 Valores de “y” para las Intersecciones del Jr. Abtao

		JR. ABTAO			JRS. TRANSVERSALES			Y total
		VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES ADE	S (FLUJO DE SATURACION)	Yi	VOLUMEN MÁXIMO VEHÍCULOS EQUIVALENTES ADE	S (FLUJO DE SATURACION)	Yi	
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	791	2380.45	0.33	796	2601.52	0.31	0.64
	JR. AYACUCHO	792	2677.16	0.30	818	2953.99	0.28	0.58
	JR. HUANUCO	871	1929.47	0.45	568	2193.05	0.26	0.71
	JR. GRAL PRADO	876	2553.57	0.34	682	3054.12	0.22	0.56
	JR. DAMASO BERAUN	829	2491.49	0.33	697	2677.63	0.26	0.59

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Una vez obtenido el valor de “ y_{total} ”, calcularemos el Tiempo de Ciclo Óptimo para cada una de las intersecciones, con el rango de velocidades recomendadas. Reemplazando “ y_{total} ” en la Ecuación 10, se obtiene los resultados que se muestran en la Tabla N°42:

$$C_0 = \frac{1.5L+5}{1-Y_{total}} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Co = Longitud de Ciclo Óptimo (seg)

L = Suma de los tiempos perdido para todas las fases, usualmente (Tabla N° 40)

Y total = Ratio del índice de flujo de diseño al índice de saturación del flujo para la aproximación o carril crítico en cada fase (Tabla N° 41).

TABLA N°42 Cicló Óptimo para cada Intersección del Jr. Abtao

		L (TIEMPO PERDIDO PARA TODAS LAS FASES)	Y total	CICLO OPTIMO	CICLO OPTIMO REDONDEADO
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	8.00	0.64	47.00	50.00
	JR. AYACUCHO	8.00	0.57	39.79	40.00
	JR. HUANUCO	8.00	0.71	58.71	60.00
	JR. GRAL PRADO	8.00	0.57	46.12	50.00
	JR. DAMASO BERAUN	8.00	0.59	41.77	45.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los ciclos que se encuentran en el rango de 0.75 Co a 1.50 Co no incrementarán las demoras significativamente.

TABLA N°43 Rango de Cicló Óptimo Intersección del Jr. Abtao

		0.75 CICLO OPTIMO REDONDEADO	CICLO OPTIMO REDONDEADO	1.50 CICLO OPTIMO REDONDEADO
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	38.00	50.00	75.00
	JR. AYACUCHO	30.00	40.00	60.00
	JR. HUANUCO	45.00	60.00	90.00
	JR. GRAL PRADO	38.00	50.00	75.00
	JR. DAMASO BERAUN	34.00	45.00	68.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N°44 Cicló Óptimo Intersecciones del Jr. Abtao

		CICLO OPTIMO REDONDEADO
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	60.00
	JR. AYACUCHO	60.00
	JR. HUANUCO	60.00
	JR. GRAL PRADO	60.00
	JR. DAMASO BERAUN	60.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.8.4. CÁLCULO DE TIEMPO EFECTIVO DE VERDE

La parte de tiempo de verde disponible que debería asignarse a la fase "i" se determina usando la siguiente ecuación:

$$g_i = (V/s)_i / S (V/s) \times GT \quad \text{Ecuación (11)}$$

Dónde:

g_i = longitud del intervalo de verde para la fase "i" (seg)

$(V/s)_i$ = ratio de flujo crítico para la fase "i"

GT = tiempo de verde disponible para el ciclo (seg)

Ahora se tiene la longitud de tiempo de verde para cada fase del ciclo.

TABLA N°45 Tiempo de Verde Efectivo

					Jr. ABTAO	Jrs. TRANSV.
		JR. ABTAO Yi max	Y total	CICLO OPTIMO REDONDEADO	TIEMPO DE VERDE EFECTIVO g1	TIEMPO DE VERDE EFECTIVO g2
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	0.45	0.73	60	38	22
	JR. AYACUCHO	0.45	0.73	60	38	22
	JR. HUANUCO	0.45	0.73	60	38	22
	JR. GRAL PRADO	0.45	0.73	60	38	22
	JR. DAMASO BERAUN	0.45	0.73	60	38	22

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4. SINCRONIZACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

Si bien el diseño de un semáforo aislado para una sola intersección se lo puede realizar simplemente al analizar el tráfico que circula por la misma. En nuestro caso se cuenta con un conjunto de semáforos presentados consecutivamente a lo largo de una vía, para cuyo diseño no se considerará el resto de la red de semaforización del centro de la ciudad.

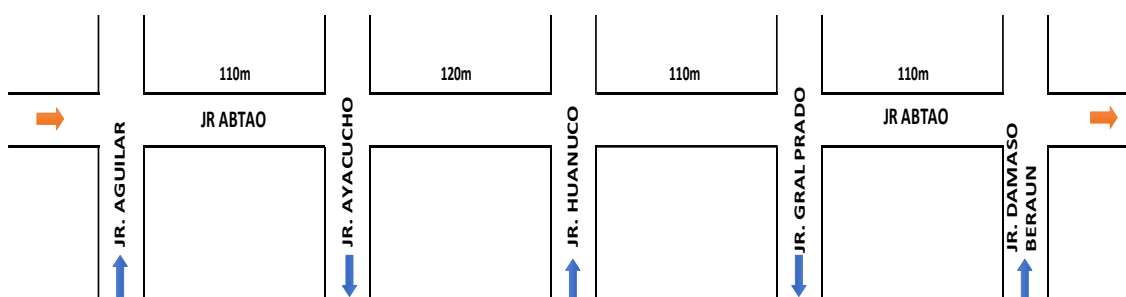
El objetivo de la sincronización en nuestro diseño de los semáforos será de presentar una **“OLA DE VERDE”** de tal manera que se permita un flujo continuo del tráfico a lo largo de la vía.

3.4.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE DESFASE ÓPTIMO ENTRE SEMÁFOROS CONSECUTIVOS A LO LARGO DEL JR. ABTAO

El tiempo de desfase óptimo será aquel correspondiente al tiempo que le toma a un vehículo predominante recorrer la distancia existente entre dos semáforos consecutivos. Es decir que el desfase se aplicará de tal manera que el vehículo que está esperando la señal de verde en la primera intersección en estudio, llegue a la siguiente intersección viajando a una velocidad promedio y encuentre la señal de verde, y así sucesivamente hasta donde sea posible permitir un flujo constante del tráfico.

Para una mayor precisión, las distancias entre semáforos consecutivos han sido obtenidas In Situ y se muestran en la siguiente Figura N° 27.

FIGURA N° 27 Distancias Existentes de Semáforo a Semáforo Consecutivo a lo Largo de la Vía.

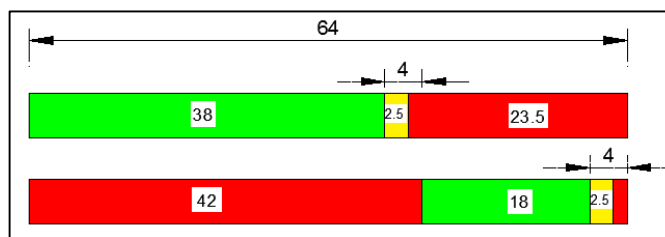


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE LOS CICLOS. -

La distribución de los tiempos de los ciclos en las fases se ilustra en la Figura N° 28.

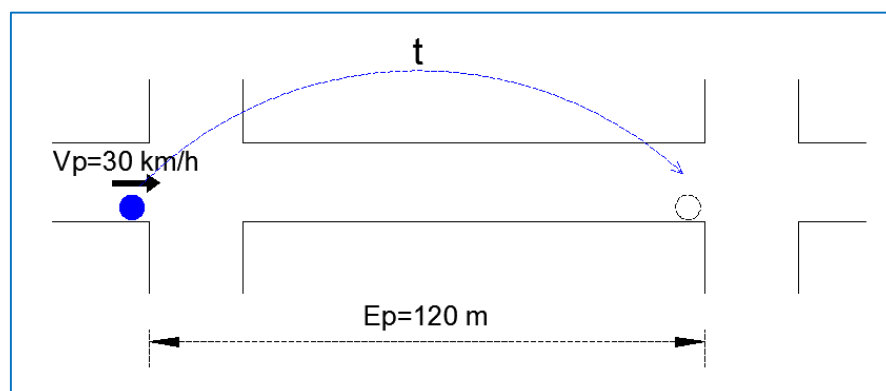
**FIGURA N° 28 Distribución de los Tiempos de Ciclos
Jr. Abtao y sus Transversales**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.3. DESFASE ENTRE SEMAFOROS

Este desfase de tiempos entre semáforos se determinará considerando al vehículo predominante como un punto que se trasladará desde el primer semáforo hasta el segundo y así sucesivamente siguiendo la ola de verde.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De la Formula:

$$t = \frac{Ep}{Vp} \quad \text{Ecuación (18)}$$

t = Tiempo Ep = espacio promedio Vp = Velocidad Promedio

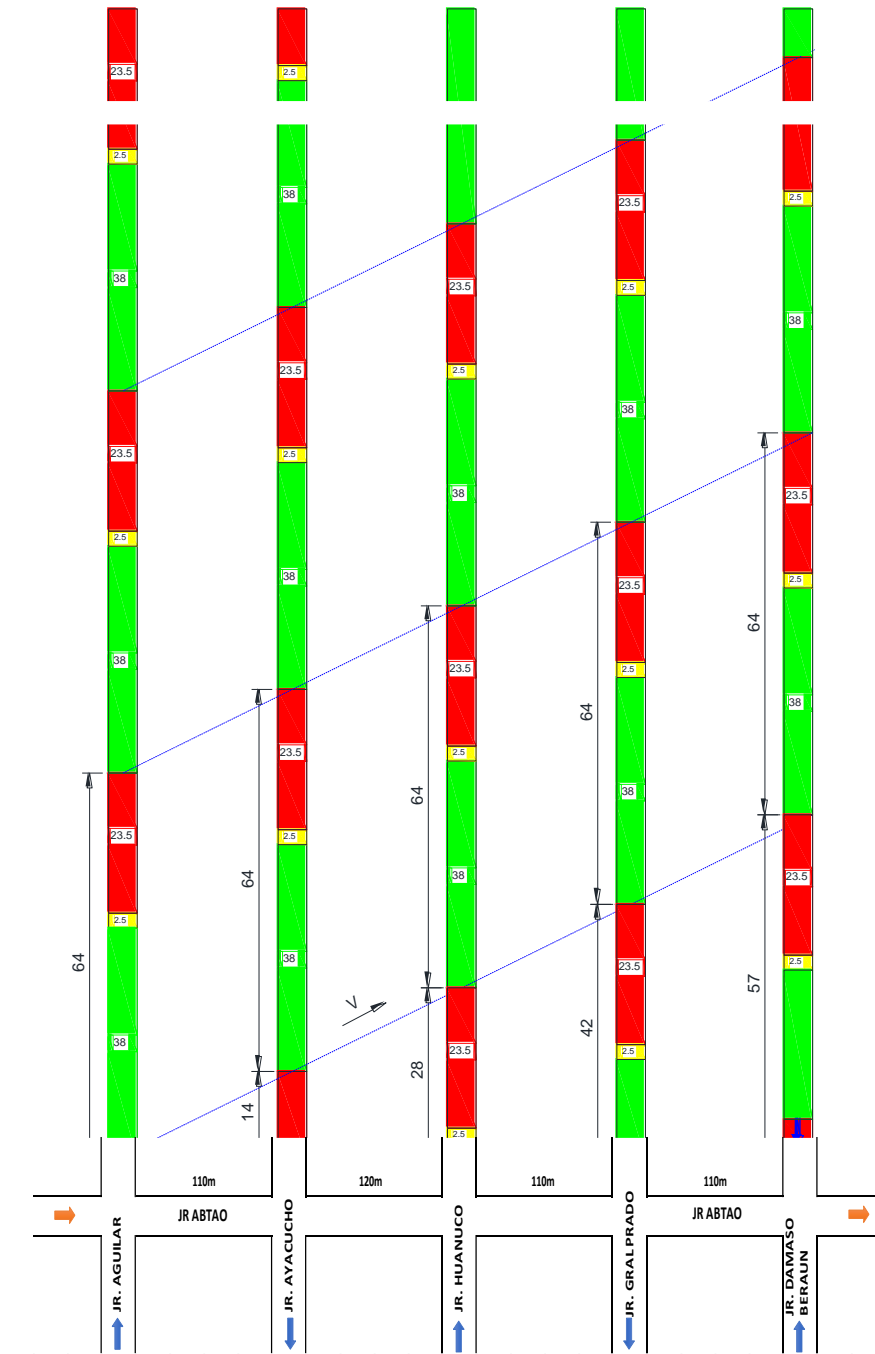
$$t = \frac{120}{30} \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

$$t = 14 \text{ seg.}$$

3.4.4. DIAGRAMA TIEMPO – ESPACIO

Una vez encontrados los tiempos de ciclos y de desfases que se asignará a los semáforos, podemos realizar el diagrama Tiempo – Espacio (Figura N°29) el cual nos permite comprobar el buen funcionamiento del diseño de los mismos trabajando conjuntamente.

FIGURA N° 29 Diagrama Tiempo – Espacio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5. AFORO PEATONAL

Dentro del sistema de transporte urbano, el subsistema peatonal reviste gran importancia puesto que un gran porcentaje de los viajes urbanos se realiza a pie, las ciudades pequeñas e intermedias son particularmente propicias para el tránsito de peatones, caminar es una alternativa posible e imprescindible dentro de las opciones de viaje para las personas, especialmente en las zonas centrales, donde se concentra una amplia variedad de actividades de atracción de viajes (comercio, entidades públicas, entre otros)

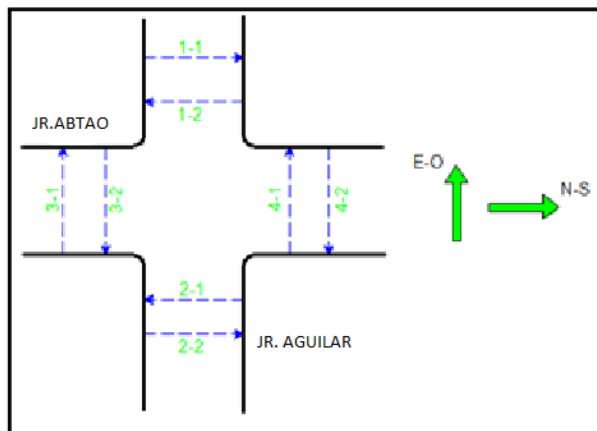
Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en realizar el registro de filmaciones en cada intersección del área de influencia de la red vial en estudio, ubicados de manera estratégica para captar los movimientos de los peatones en los diferentes sentidos de tránsito.

Trabajo en gabinete

El aforo, es un estudio realizado comúnmente en ingeniería de tránsito, su objetivo es cuantificar la demanda peatonal, especialmente su variación (espacial y temporal), distribución (por sentidos o cruces en accesos de intersecciones), el procesamiento en gabinete se realiza en la hora de máxima demanda de la Mañana (08:00 a 09:00 am).

IMAGEN N° 01 Codificación por Sentido de Tránsito Peatonal



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DRON

Con la finalidad de la identificación de los movimientos peatonales se ha optado la codificación empleada en intersecciones, así como se ha establecido la codificación de movimientos en bandas peatonales (veredas) tal como se muestra en la Imagen N° 01.

El cálculo de aforo peatonal se obtiene con la sumatoria de peatones que cruzan la calzada de los jirones que convergen en la intersección, es decir: 1-1, 1-2, 2-1, 2-2, 3-1, 3-2, 4-1, 4-2, siendo el resumen de resultados obtenidos en la Tabla N° 48.

TABLA N°48 Aforo Peatonal en el Área en Estudio

N°	INTERSECCIÓN	VOLÚMENES TOTAL PEATONES
1	Jr. ABTAO - Jr. AGUILAR	1215
2	Jr. ABTAO - Jr. AYACUCHO	1325
3	Jr. ABTAO - Jr. HUANUCO	1497
4	Jr. ABTAO - Jr. GRAL PRADO	2749
5	Jr. ABTAO - Jr. DAMSO BERAUN	2323

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.6. ESTUDIO DE VELOCIDADES

3.6.1. INTERSECCIÓN DEL JR. ABTAO Y EL JR. AGUILAR

3.6.1.1. Estudio de Velocidad Instantánea

Al llevar a cabo este estudio se determinó el tiempo en que el vehículo recorre una distancia determinada, este estudio está diseñado para medir las características de la velocidad en un tramo de la red en evaluación, para posteriormente contrastar las velocidades obtenidas en campo, con las velocidades posterior a la simulación.

Medición en Campo

El trabajo de campo se realizaron los días Martes 28/05/19, desde las 07:00 horas hasta las 20:00 horas, identificando las Horas de Mayor

Flujo Vehicular en la Mañana (08:00 a 09:00 horas), Tarde (13:00 a 14:00 horas) y Noche (19:00 a 20:00 horas) y los días Miércoles 29/05/19 y Jueves 30/05/19 en las horas de Mayor Flujo Vehicular (días representativos), en la hora de máxima demanda, de 08:00 a 09:00 horas, con el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones), mediante los cuales se registraron las filmaciones del tráfico vehicular, de las intersecciones con mayor demanda, para su posterior procesamiento en gabinete.

Los puntos de ubicación de los drones son en las intersecciones semaforizadas

TABLA N°49 Ubicación de Drones para toma de Información de Campo

		SEÑALIZACIÓN
TRANSVERSALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	-----
	JR. AYACUCHO	SEMAFORIZADA
	JR. HUANUCO	SEMAFORIZADA
	JR. GRAL PRADO	SEMAFORIZADA
	JR. DAMASO BERAUN	SEMAFORIZADA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tamaño de la Muestra

Para un buen estudio de velocidad instantánea se requiere de un tamaño adecuado de la muestra, para satisfacer condiciones estadísticas, se utilizara la siguiente fórmula para determinar el número de velocidades que deben de medirse (*Manual de Estudios de Ingeniería de Transito – Paul C. Box – Joseph C. Oppenlander 1985 - Manual Normativo Tomo XII Estudios de Ingeniería de Tránsito Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito – México.*), para obtener un tamaño de muestra adecuado por vía y sentido.

$$N = \left(\frac{SxK}{E} \right)^2 \quad \text{Ecuación (19)}$$

Dónde:

N: Tamaño de la muestra

S: Desviación Normal de la Muestra (Km/h) (Tabla N° 50)

K: Constante correspondiente al Nivel de Confiabilidad deseado (Tabla N° 51)

E: Error permitido en la Estimación de la Velocidad de Punto (Km/h o mi/h), que fluctúa entre +- 8.00 Km/h a +-1.50 Km/h.

TABLA N° 50 Desviaciones Normales de Velocidades de Punto para la Determinación del Tamaño de la Muestra

TIPO DE TRANSITO	TIPO DE CAMINO	DESVIACIÓN NORMAL PROMEDIO	
		Km/h	mi/h
Rural	Dos Carriles	8.5	5.3
Rural	Cuatro Carriles	6.8	4.2
Intermedio	Dos Carriles	8.5	5.3
Intermedio	Cuatro Carriles	8.5	5.3
Urbano	Dos Carriles	7.7	4.8
Urbano	Cuatro Carriles	7.9	4.9
VALOR REDONDEADO		8.0	5.0

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRANSITO – PAUL C. BOX – JOSEPH C. OPPENLANDER 1985

FUENTE: MANUAL NORMATIVO TOMO XII ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO – MÉXICO.

TABLA N° 51 Constante Correspondiente al Nivel de Confianza

CONSTANTE "K"	NIVEL DE CONFIANZA (%)
1.00	68.30
1.50	86.60
1.64	90.00
1.96	95.00
2.00	95.50
2.50	98.80
2.58	99.00
3.00	99.70

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRANSITO – PAUL C. BOX – JOSEPH C. OPPENLANDER 1985

De la Ecuación Tamaño de la Muestra:

$$N = \left(\frac{SxK}{E}\right)^2 \quad \text{Ecuación (19)}$$

De las Tablas N° 50 y 51; Urbano de Dos Carriles y para un Nivel de Confianza al 95.00% y para un Error de **E** (+- 8.00 Km/h a +-1.50 Km/h) =- **1.50Km/h** entre la muestra y a la población (el menos valor para obtener una mayor muestra), S=7.7, K=2.00

$$N = 105.00$$

El tamaño de la muestra del área en estudio nos resulta de 105 vehículos Mixtos, para la presente investigación se tomará una muestra de 110 vehículos Mixtos.

A continuación, los resultados obtenidos en la Intersección del Jr. Abtao entre el Jr. Aguilar, Tabla N° 53.

Análisis Descriptivo de los Resultados

La siguiente sección describe el análisis de los resultados del estudio de Velocidades Instantáneas en el tramo en estudio intersección del Jr. Abtao con el Jr. Aguilar, resumen los datos tomados en campo, de la cual se graficaron los histogramas de frecuencia, esto con el fin de obtener el rango de mayor frecuencia en el que variaban estas velocidades.

TABLA N° 52 – A Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos
Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar

INTERSECCION JR. AGUILAR Y JR. AGUILAR						
(FECHA: MARTES 19/02/19, HORA 08:00 - 09:00 AM)						
ITEM	HORA		TIEMPO (SEG)	TIEMPO (HORA)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD INSTANTANEA (KM/H)
	INICIO	FIN				
1	08:21:25	08:21:29	4.13	0.0011	0.02920	25.45
2	08:21:29	08:21:32	3.75	0.0010	0.02920	28.03
3	08:21:32	08:21:35	4.10	0.0011	0.02920	25.64
4	08:21:35	08:21:40	5.10	0.0014	0.02920	20.61
5	08:21:40	08:21:43	4.15	0.0012	0.02920	25.33
6	08:21:43	08:21:47	3.89	0.0011	0.02920	27.02
7	08:21:47	08:21:51	5.20	0.0014	0.02920	20.22
8	08:21:51	08:21:55	4.20	0.0012	0.02920	25.03
9	08:21:55	08:21:58	3.80	0.0011	0.02920	27.66
10	08:21:58	08:22:03	5.20	0.0014	0.02920	20.22
11	08:22:03	08:22:06	4.50	0.0013	0.02920	23.36
12	08:22:06	08:22:10	4.60	0.0013	0.02920	22.85
13	08:22:10	08:22:14	3.90	0.0011	0.02920	26.95
14	08:22:14	08:22:18	4.70	0.0013	0.02920	22.37
15	08:22:18	08:22:22	5.10	0.0014	0.02920	20.61
16	08:22:22	08:22:26	4.13	0.0011	0.02920	25.45
17	08:22:26	08:22:29	3.75	0.0010	0.02920	28.03
18	08:22:29	08:22:33	4.10	0.0011	0.02920	25.64
19	08:22:33	08:22:37	5.10	0.0014	0.02920	20.61
20	08:22:37	08:22:41	4.15	0.0012	0.02920	25.33
21	08:22:41	08:22:44	3.89	0.0011	0.02920	27.02
22	08:22:44	08:22:48	5.20	0.0014	0.02920	20.22
23	08:22:48	08:22:52	3.80	0.0011	0.02920	27.66
24	08:22:52	08:22:56	5.20	0.0014	0.02920	20.22
25	08:22:56	08:23:00	4.50	0.0013	0.02920	23.36
26	08:23:00	08:23:04	4.60	0.0013	0.02920	22.85
27	08:23:04	08:23:09	5.10	0.0014	0.02920	20.61
28	08:23:09	08:23:12	4.15	0.0012	0.02920	25.33

29	08:23:12	08:23:15	3.89	0.0011	0.02920	27.02
30	08:23:15	08:23:20	5.20	0.0014	0.02920	20.22
31	08:23:20	08:23:23	3.80	0.0011	0.02920	27.66
32	08:23:23	08:23:28	5.20	0.0014	0.02920	20.22
33	08:23:28	08:23:32	4.50	0.0013	0.02920	23.36
34	08:23:32	08:23:36	4.60	0.0013	0.02920	22.85
35	08:23:36	08:23:40	4.70	0.0013	0.02920	22.37
36	08:23:40	08:23:44	5.10	0.0014	0.02920	20.61
37	08:23:44	08:23:48	4.13	0.0011	0.02920	25.45
38	08:23:48	08:23:51	3.75	0.0010	0.02920	28.03
39	08:23:51	08:23:54	4.10	0.0011	0.02920	25.64
40	08:23:54	08:23:59	5.10	0.0014	0.02920	20.61
41	08:23:59	08:24:02	4.15	0.0012	0.02920	25.33
42	08:24:02	08:24:06	3.89	0.0011	0.02920	27.02
43	08:24:06	08:24:10	5.20	0.0014	0.02920	20.22
44	08:24:10	08:24:14	3.89	0.0011	0.02920	27.02
45	08:24:14	08:24:18	5.20	0.0014	0.02920	20.22
46	08:24:18	08:24:23	5.10	0.0014	0.02920	20.61
47	08:24:23	08:24:26	4.13	0.0011	0.02920	25.45
48	08:24:26	08:24:29	3.75	0.0010	0.02920	28.03
49	08:24:29	08:24:33	4.10	0.0011	0.02920	25.64
50	08:24:33	08:24:37	5.10	0.0014	0.02920	20.61
51	08:24:37	08:24:41	4.15	0.0012	0.02920	25.33
52	08:24:41	08:24:44	3.89	0.0011	0.02920	27.02
53	08:24:44	08:24:49	5.20	0.0014	0.02920	20.22
54	08:24:49	08:24:52	3.80	0.0011	0.02920	27.66
55	08:24:52	08:24:56	5.10	0.0014	0.02920	20.61
56	08:24:56	08:25:00	4.13	0.0011	0.02920	25.45
57	08:25:00	08:25:03	3.75	0.0010	0.02920	28.03
58	08:25:03	08:25:07	4.10	0.0011	0.02920	25.64
59	08:25:07	08:25:11	5.10	0.0014	0.02920	20.61
60	08:25:11	08:25:15	4.15	0.0012	0.02920	25.33
61	08:25:15	08:25:18	3.89	0.0011	0.02920	27.02
62	08:25:18	08:25:23	5.20	0.0014	0.02920	20.22
63	08:25:23	08:25:26	3.89	0.0011	0.02920	27.02
64	08:25:26	08:25:30	5.20	0.0014	0.02920	20.22
65	08:25:30	08:25:35	5.10	0.0014	0.02920	20.61
66	08:25:35	08:25:38	4.13	0.0011	0.02920	25.45

67	08:25:38	08:25:42	3.75	0.0010	0.02920	28.03
68	08:25:42	08:25:45	4.10	0.0011	0.02920	25.64
69	08:25:45	08:25:50	5.10	0.0014	0.02920	20.61
70	08:25:50	08:25:53	4.13	0.0011	0.02920	25.45
71	08:25:53	08:25:56	3.75	0.0010	0.02920	28.03
72	08:25:56	08:26:00	4.10	0.0011	0.02920	25.64
73	08:26:00	08:26:04	5.10	0.0014	0.02920	20.61
74	08:26:04	08:26:08	4.15	0.0012	0.02920	25.33
75	08:26:08	08:26:11	3.89	0.0011	0.02920	27.02
76	08:26:11	08:26:16	5.20	0.0014	0.02920	20.22
77	08:26:16	08:26:19	3.80	0.0011	0.02920	27.66
78	08:26:19	08:26:24	5.10	0.0014	0.02920	20.61
79	08:26:24	08:26:27	4.13	0.0011	0.02920	25.45
80	08:26:27	08:26:30	3.75	0.0010	0.02920	28.03
81	08:26:30	08:26:34	4.10	0.0011	0.02920	25.64
82	08:26:34	08:26:38	5.10	0.0014	0.02920	20.61
83	08:26:38	08:26:42	4.15	0.0012	0.02920	25.33
84	08:26:42	08:26:45	3.89	0.0011	0.02920	27.02
85	08:26:45	08:26:50	5.20	0.0014	0.02920	20.22
86	08:26:50	08:26:53	3.80	0.0011	0.02920	27.66
87	08:26:53	08:26:58	5.20	0.0014	0.02920	20.22
88	08:26:58	08:27:01	4.50	0.0013	0.02920	23.36
89	08:27:01	08:27:05	4.60	0.0013	0.02920	22.85
90	08:27:05	08:27:09	4.70	0.0013	0.02920	22.37
91	08:27:09	08:27:14	5.10	0.0014	0.02920	20.61
92	08:27:14	08:27:17	4.13	0.0011	0.02920	25.45
93	08:27:17	08:27:21	3.75	0.0010	0.02920	28.03
94	08:27:21	08:27:25	5.10	0.0014	0.02920	20.61
95	08:27:25	08:27:29	4.15	0.0012	0.02920	25.33
96	08:27:29	08:27:32	3.89	0.0011	0.02920	27.02
97	08:27:32	08:27:36	5.20	0.0014	0.02920	20.22
98	08:27:36	08:27:40	3.80	0.0011	0.02920	27.66
99	08:27:40	08:27:44	5.10	0.0014	0.02920	20.61
100	08:27:44	08:27:48	4.13	0.0011	0.02920	25.45
101	08:27:48	08:27:51	3.75	0.0010	0.02920	28.03
102	08:27:51	08:27:55	4.10	0.0011	0.02920	25.64
103	08:27:55	08:27:59	5.10	0.0014	0.02920	20.61
104	08:27:59	08:28:03	4.15	0.0012	0.02920	25.33

105	08:28:03	08:28:06	3.89	0.0011	0.02920	27.02
106	08:28:06	08:28:09	3.60	0.0010	0.02920	29.20
107	08:28:09	08:28:12	3.89	0.0011	0.02920	27.02
108	08:28:12	08:28:16	4.20	0.0012	0.02920	25.03
109	08:28:16	08:28:20	4.30	0.0012	0.02920	24.45
110	08:28:20	08:28:24	4.80	0.0013	0.02920	21.90
RESULTADOS OBTENIDOS			VELOCIDAD INSTANTANEA PROMEDIO (KM/H)			24.21
			VELOCIDAD MINIMA (KM/H)			20.22
			VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)			29.20
			MEDIANA			25.33
			DESVIACIÓN ESTANDAR (KM/H)			2.91

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

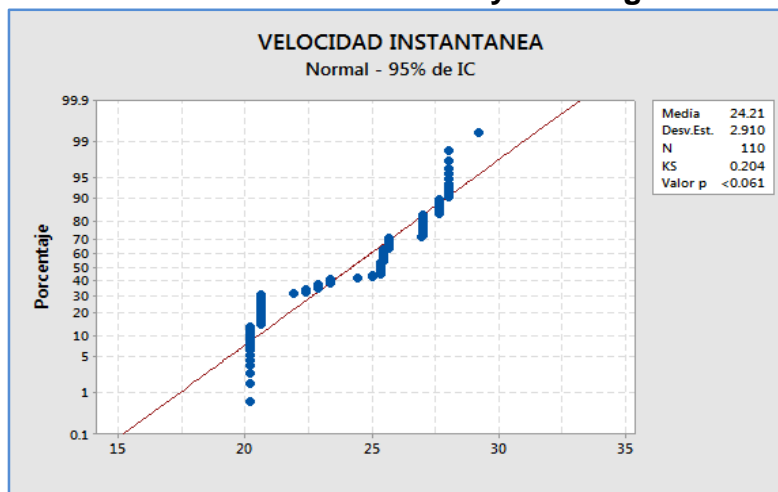
De los resultados obtenidos de Tabla N° 52 - A, se aprecia que la velocidad instantánea promedio de Vehículos Mixtos fue de 24.21 Km/h, con una desviación estándar de 2.91 Km/h. La velocidad mínima registrada fue de 20.22 Km/h y la máxima de 29.20 Km/h.

3.6.1.2. Prueba de Normalidad de la Muestra de la Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar

Detectaremos si nuestra muestra de tamaño $N = 110$, procede o no de una población normal.

Como el tamaño de nuestra muestra es mayor a 30 datos, se procede con el Método de Kolmogorov – Smirnov (K - S), para un nivel de confiabilidad del 95%:

IMAGEN N° 02 – A Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – MINITAB 17

Como Valor $p = 0.061$ y es mayor a 0.05 , entonces los datos si proceden de una distribución continua, se contrasta la normalidad de la población.

3.6.2. INTERSECCIÓN DEL JR. ABTAO Y EL JR. AYACUCHO

3.6.2.1. Estudio de Velocidad Instantánea

Tamaño de la Muestra

$$N = 110$$

Análisis Descriptivo de los Resultados

La siguiente sección describe el análisis de los resultados del estudio de Velocidades Instantáneas en el tramo en estudio intersección del Jr. Abtao con el Jr. Ayacucho, resumen los datos tomados en campo, de la cual se

graficaron los histogramas de frecuencia, esto con el fin de obtener el rango de mayor frecuencia en el que variaban estas velocidades.

TABLA N° 52 – B Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho

INTERSECCION JR. ABTAO Y JR. AYACUCHO (FECHA: MARTES 19/02/19, HORA 08:00 - 09:00 AM)						
ITEM	HORA		TIEMPO (SEG)	TIEMPO (HORA)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD INSTANTANEA (KM/H)
	INICIO	FIN				
1	08:21:25	08:21:28	3.75	0.0010	0.0312	29.95
2	08:21:28	08:21:32	4.10	0.0011	0.0312	27.40
3	08:21:32	08:21:35	3.80	0.0011	0.0312	29.56
4	08:21:35	08:21:39	5.10	0.0014	0.0312	22.02
5	08:21:39	08:21:43	3.75	0.0010	0.0312	29.95
6	08:21:43	08:21:46	4.10	0.0011	0.0312	27.40
7	08:21:46	08:21:51	5.10	0.0014	0.0312	22.02
8	08:21:51	08:21:55	5.10	0.0014	0.0312	22.02
9	08:21:55	08:21:59	4.15	0.0012	0.0312	27.07
10	08:21:59	08:22:02	3.89	0.0011	0.0312	28.87
11	08:22:02	08:22:07	5.20	0.0014	0.0312	21.60
12	08:22:07	08:22:10	3.80	0.0011	0.0312	29.56
13	08:22:10	08:22:14	5.10	0.0014	0.0312	22.02
14	08:22:14	08:22:18	4.70	0.0013	0.0312	23.90
15	08:22:18	08:22:23	5.10	0.0014	0.0312	22.02
16	08:22:23	08:22:26	4.13	0.0011	0.0312	27.20
17	08:22:26	08:22:29	3.75	0.0010	0.0312	29.95
18	08:22:29	08:22:33	4.10	0.0011	0.0312	27.40
19	08:22:33	08:22:36	3.80	0.0011	0.0312	29.56
20	08:22:36	08:22:41	5.10	0.0014	0.0312	22.02
21	08:22:41	08:22:44	4.13	0.0011	0.0312	27.20
22	08:22:44	08:22:48	3.75	0.0010	0.0312	29.95
23	08:22:48	08:22:51	4.10	0.0011	0.0312	27.40
24	08:22:51	08:22:55	5.10	0.0014	0.0312	22.02
25	08:22:55	08:23:00	5.10	0.0014	0.0312	22.02

26	08:23:00	08:23:03	4.15	0.0012	0.0312	27.07
27	08:23:03	08:23:07	3.89	0.0011	0.0312	28.87
28	08:23:07	08:23:11	5.20	0.0014	0.0312	21.60
29	08:23:11	08:23:15	3.80	0.0011	0.0312	29.56
30	08:23:15	08:23:19	5.10	0.0014	0.0312	22.02
31	08:23:19	08:23:22	3.80	0.0011	0.0312	29.56
32	08:23:22	08:23:27	5.10	0.0014	0.0312	22.02
33	08:23:27	08:23:30	4.13	0.0011	0.0312	27.20
34	08:23:30	08:23:33	3.75	0.0010	0.0312	29.95
35	08:23:33	08:23:37	4.10	0.0011	0.0312	27.40
36	08:23:37	08:23:41	5.10	0.0014	0.0312	22.02
37	08:23:41	08:23:46	5.10	0.0014	0.0312	22.02
38	08:23:46	08:23:49	4.15	0.0012	0.0312	27.07
39	08:23:49	08:23:53	3.89	0.0011	0.0312	28.87
40	08:23:53	08:23:57	5.20	0.0014	0.0312	21.60
41	08:23:57	08:24:01	3.80	0.0011	0.0312	29.56
42	08:24:01	08:24:05	5.10	0.0014	0.0312	22.02
43	08:24:05	08:24:09	5.20	0.0014	0.0312	21.60
44	08:24:09	08:24:13	3.89	0.0011	0.0312	28.87
45	08:24:13	08:24:17	5.20	0.0014	0.0312	21.60
46	08:24:17	08:24:21	3.80	0.0011	0.0312	29.56
47	08:24:21	08:24:25	5.10	0.0014	0.0312	22.02
48	08:24:25	08:24:29	4.13	0.0011	0.0312	27.20
49	08:24:29	08:24:32	3.75	0.0010	0.0312	29.95
50	08:24:32	08:24:35	4.10	0.0011	0.0312	27.40
51	08:24:35	08:24:40	5.10	0.0014	0.0312	22.02
52	08:24:40	08:24:44	5.10	0.0014	0.0312	22.02
53	08:24:44	08:24:48	4.15	0.0012	0.0312	27.07
54	08:24:48	08:24:51	3.89	0.0011	0.0312	28.87
55	08:24:51	08:24:56	5.20	0.0014	0.0312	21.60
56	08:24:56	08:24:59	3.80	0.0011	0.0312	29.56
57	08:24:59	08:25:03	5.10	0.0014	0.0312	22.02
58	08:25:03	08:25:07	4.10	0.0011	0.0312	27.40
59	08:25:07	08:25:11	5.10	0.0014	0.0312	22.02
60	08:25:11	08:25:15	4.15	0.0012	0.0312	27.07
61	08:25:15	08:25:18	3.80	0.0011	0.0312	29.56

62	08:25:18	08:25:23	5.10	0.0014	0.0312	22.02
63	08:25:23	08:25:26	4.13	0.0011	0.0312	27.20
64	08:25:26	08:25:29	3.75	0.0010	0.0312	29.95
65	08:25:29	08:25:33	4.10	0.0011	0.0312	27.40
66	08:25:33	08:25:37	5.10	0.0014	0.0312	22.02
67	08:25:37	08:25:42	5.10	0.0014	0.0312	22.02
68	08:25:42	08:25:45	4.15	0.0012	0.0312	27.07
69	08:25:45	08:25:49	3.89	0.0011	0.0312	28.87
70	08:25:49	08:25:53	5.20	0.0014	0.0312	21.60
71	08:25:53	08:25:56	3.80	0.0011	0.0312	29.56
72	08:25:56	08:26:01	5.10	0.0014	0.0312	22.02
73	08:26:01	08:26:05	5.10	0.0014	0.0312	22.02
74	08:26:05	08:26:09	4.15	0.0012	0.0312	27.07
75	08:26:09	08:26:12	3.89	0.0011	0.0312	28.87
76	08:26:12	08:26:17	5.20	0.0014	0.0312	21.60
77	08:26:17	08:26:20	3.80	0.0011	0.0312	29.56
78	08:26:20	08:26:24	5.10	0.0014	0.0312	22.02
79	08:26:24	08:26:28	4.13	0.0011	0.0312	27.20
80	08:26:28	08:26:31	3.75	0.0010	0.0312	29.95
81	08:26:31	08:26:35	4.10	0.0011	0.0312	27.40
82	08:26:35	08:26:39	5.10	0.0014	0.0312	22.02
83	08:26:39	08:26:44	5.10	0.0014	0.0312	22.02
84	08:26:44	08:26:47	4.15	0.0012	0.0312	27.07
85	08:26:47	08:26:50	3.89	0.0011	0.0312	28.87
86	08:26:50	08:26:55	5.20	0.0014	0.0312	21.60
87	08:26:55	08:26:58	3.80	0.0011	0.0312	29.56
88	08:26:58	08:27:03	5.10	0.0014	0.0312	22.02
89	08:27:03	08:27:07	4.60	0.0013	0.0312	24.42
90	08:27:07	08:27:11	4.70	0.0013	0.0312	23.90
91	08:27:11	08:27:15	5.10	0.0014	0.0312	22.02
92	08:27:15	08:27:19	4.13	0.0011	0.0312	27.20
93	08:27:19	08:27:22	3.75	0.0010	0.0312	29.95
94	08:27:22	08:27:26	5.10	0.0014	0.0312	22.02
95	08:27:26	08:27:30	4.15	0.0012	0.0312	27.07
96	08:27:30	08:27:33	3.89	0.0011	0.0312	28.87
97	08:27:33	08:27:38	5.20	0.0014	0.0312	21.60

98	08:27:38	08:27:41	3.80	0.0011	0.0312	29.56
99	08:27:41	08:27:45	5.10	0.0014	0.0312	22.02
100	08:27:45	08:27:49	4.13	0.0011	0.0312	27.20
101	08:27:49	08:27:52	3.75	0.0010	0.0312	29.95
102	08:27:52	08:27:56	4.10	0.0011	0.0312	27.40
103	08:27:56	08:28:00	5.10	0.0014	0.0312	22.02
104	08:28:00	08:28:05	5.10	0.0014	0.0312	22.02
105	08:28:05	08:28:08	4.15	0.0012	0.0312	27.07
106	08:28:08	08:28:12	3.89	0.0011	0.0312	28.87
107	08:28:12	08:28:16	5.20	0.0014	0.0312	21.60
108	08:28:16	08:28:19	3.80	0.0011	0.0312	29.56
109	08:28:19	08:28:24	5.10	0.0014	0.0312	22.02
110	08:28:24	08:28:27	3.75	0.0010	0.0312	29.95
RESULTADOS OBTENIDOS			VELOCIDAD INSTANTANEA PROMEDIO (KM/H)			25.73
			VELOCIDAD MINIMA (KM/H)			21.60
			VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)			29.95
			MEDIANA			27.07
			DESVIACIÓN ESTANDAR (KM/H)			3.33

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De los resultados obtenidos de Tabla N° 52 - B, se aprecia que la velocidad instantánea promedio de Vehículos Mixtos fue de 25.73 Km/h, con una desviación estándar de 3.33 Km/h. La velocidad mínima registrada fue de 21.60 Km/h y la máxima de 29.95 Km/h.

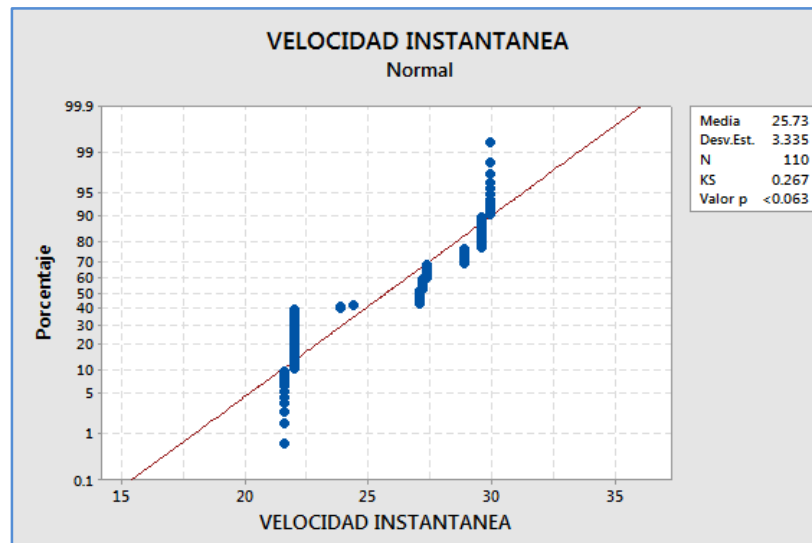
3.6.2.2. Prueba de Normalidad de la Muestra de la Velocidad

Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho

Detectaremos si nuestra muestra de tamaño $N = 110$, procede o no de una población normal.

Como el tamaño de nuestra muestra es mayor a 30 datos, se procede con el Método de Kolmogorov – Smirnov (K - S), para un nivel de confiabilidad del 95%:

IMAGEN N° 02 – B Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – MINITAB 17

Como Valor $p = 0.063$ y es mayor a 0.05 , entonces los datos si proceden de una distribución continua, se contrasta la normalidad de la población.

3.6.3. INTERSECCIÓN DEL JR. ABTAO Y EL JR. HUANUCO

3.6.3.1. Estudio de Velocidad Instantánea

Tamaño de la Muestra

$$N = 110$$

Análisis Descriptivo de los Resultados

La siguiente sección describe el análisis de los resultados del estudio de Velocidades Instantáneas en el tramo en estudio intersección del Jr. Abtao con el Jr. Huánuco, resumen los datos tomados en campo, de la cual se graficaron los histogramas de frecuencia, esto con el fin de obtener el rango de mayor frecuencia en el que variaban estas velocidades.

TABLA N° 52 – C Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco

INTERSECCION JR. ABTAO Y JR. HUANUCO (FECHA: MARTES 19/02/19, HORA 08:00 - 09:00 AM)						
ITEM	HORA		TIEMPO (SEG)	TIEMPO (HORA)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD INSTANTANEA (KM/H)
	INICIO	FIN				
1	08:21:25	08:21:29	5.10	0.0014	0.0305	21.53
2	08:21:29	08:21:33	4.15	0.0012	0.0305	26.46
3	08:21:33	08:21:36	3.89	0.0011	0.0305	28.23
4	08:21:36	08:21:40	4.15	0.0012	0.0305	26.46
5	08:21:40	08:21:43	3.89	0.0011	0.0305	28.23
6	08:21:43	08:21:48	5.20	0.0014	0.0305	21.12
7	08:21:48	08:21:51	3.80	0.0011	0.0305	28.89
8	08:21:51	08:21:55	4.15	0.0012	0.0305	26.46
9	08:21:55	08:21:58	3.89	0.0011	0.0305	28.23

10	08:21:58	08:22:01	3.75	0.0010	0.0305	29.28
11	08:22:01	08:22:05	4.15	0.0012	0.0305	26.46
12	08:22:05	08:22:08	4.15	0.0012	0.0305	26.46
13	08:22:08	08:22:12	3.89	0.0011	0.0305	28.23
14	08:22:12	08:22:16	5.20	0.0014	0.0305	21.12
15	08:22:16	08:22:20	3.80	0.0011	0.0305	28.89
16	08:22:20	08:22:23	4.15	0.0012	0.0305	26.46
17	08:22:23	08:22:27	3.89	0.0011	0.0305	28.23
18	08:22:27	08:22:30	4.10	0.0011	0.0305	26.78
19	08:22:30	08:22:33	3.80	0.0011	0.0305	28.89
20	08:22:33	08:22:38	5.10	0.0014	0.0305	21.53
21	08:22:38	08:22:41	4.13	0.0011	0.0305	26.59
22	08:22:41	08:22:45	4.15	0.0012	0.0305	26.46
23	08:22:45	08:22:48	3.89	0.0011	0.0305	28.23
24	08:22:48	08:22:53	5.20	0.0014	0.0305	21.12
25	08:22:53	08:22:56	3.80	0.0011	0.0305	28.89
26	08:22:56	08:23:00	4.15	0.0012	0.0305	26.46
27	08:23:00	08:23:03	3.89	0.0011	0.0305	28.23
28	08:23:03	08:23:07	5.20	0.0014	0.0305	21.12
29	08:23:07	08:23:11	3.80	0.0011	0.0305	28.89
30	08:23:11	08:23:15	5.10	0.0014	0.0305	21.53
31	08:23:15	08:23:19	4.70	0.0013	0.0305	23.36
32	08:23:19	08:23:23	4.15	0.0012	0.0305	26.46
33	08:23:23	08:23:26	3.89	0.0011	0.0305	28.23
34	08:23:26	08:23:31	5.20	0.0014	0.0305	21.12
35	08:23:31	08:23:34	3.80	0.0011	0.0305	28.89
36	08:23:34	08:23:38	4.15	0.0012	0.0305	26.46
37	08:23:38	08:23:41	3.89	0.0011	0.0305	28.23
38	08:23:41	08:23:44	4.15	0.0012	0.0305	26.46
39	08:23:44	08:23:48	3.89	0.0011	0.0305	28.23
40	08:23:48	08:23:52	5.20	0.0014	0.0305	21.12
41	08:23:52	08:23:56	4.15	0.0012	0.0305	26.46
42	08:23:56	08:23:59	3.89	0.0011	0.0305	28.23
43	08:23:59	08:24:04	5.20	0.0014	0.0305	21.12
44	08:24:04	08:24:07	3.80	0.0011	0.0305	28.89
45	08:24:07	08:24:11	5.10	0.0014	0.0305	21.53

46	08:24:11	08:24:16	4.70	0.0013	0.0305	23.36
47	08:24:16	08:24:19	4.15	0.0012	0.0305	26.46
48	08:24:19	08:24:22	3.89	0.0011	0.0305	28.23
49	08:24:22	08:24:27	5.20	0.0014	0.0305	21.12
50	08:24:27	08:24:30	3.80	0.0011	0.0305	28.89
51	08:24:30	08:24:34	4.15	0.0012	0.0305	26.46
52	08:24:34	08:24:37	3.89	0.0011	0.0305	28.23
53	08:24:37	08:24:41	4.15	0.0012	0.0305	26.46
54	08:24:41	08:24:44	3.89	0.0011	0.0305	28.23
55	08:24:44	08:24:49	5.20	0.0014	0.0305	21.12
56	08:24:49	08:24:52	3.80	0.0011	0.0305	28.89
57	08:24:52	08:24:56	5.10	0.0014	0.0305	21.53
58	08:24:56	08:25:00	4.10	0.0011	0.0305	26.78
59	08:25:00	08:25:03	4.15	0.0012	0.0305	26.46
60	08:25:03	08:25:07	3.89	0.0011	0.0305	28.23
61	08:25:07	08:25:11	5.20	0.0014	0.0305	21.12
62	08:25:11	08:25:15	3.80	0.0011	0.0305	28.89
63	08:25:15	08:25:19	5.10	0.0014	0.0305	21.53
64	08:25:19	08:25:23	4.70	0.0013	0.0305	23.36
65	08:25:23	08:25:27	4.15	0.0012	0.0305	26.46
66	08:25:27	08:25:30	3.89	0.0011	0.0305	28.23
67	08:25:30	08:25:34	5.20	0.0014	0.0305	21.12
68	08:25:34	08:25:38	3.80	0.0011	0.0305	28.89
69	08:25:38	08:25:41	4.15	0.0012	0.0305	26.46
70	08:25:41	08:25:45	3.89	0.0011	0.0305	28.23
71	08:25:45	08:25:48	3.89	0.0011	0.0305	28.23
72	08:25:48	08:25:53	5.20	0.0014	0.0305	21.12
73	08:25:53	08:25:56	3.80	0.0011	0.0305	28.89
74	08:25:56	08:26:00	5.10	0.0014	0.0305	21.53
75	08:26:00	08:26:04	4.70	0.0013	0.0305	23.36
76	08:26:04	08:26:09	5.10	0.0014	0.0305	21.53
77	08:26:09	08:26:12	4.13	0.0011	0.0305	26.59
78	08:26:12	08:26:16	3.75	0.0010	0.0305	29.28
79	08:26:16	08:26:19	4.13	0.0011	0.0305	26.59
80	08:26:19	08:26:23	4.15	0.0012	0.0305	26.46
81	08:26:23	08:26:26	3.89	0.0011	0.0305	28.23

82	08:26:26	08:26:31	5.20	0.0014	0.0305	21.12
83	08:26:31	08:26:34	3.80	0.0011	0.0305	28.89
84	08:26:34	08:26:37	4.15	0.0012	0.0305	26.46
85	08:26:37	08:26:41	3.89	0.0011	0.0305	28.23
86	08:26:41	08:26:44	3.89	0.0011	0.0305	28.23
87	08:26:44	08:26:49	5.20	0.0014	0.0305	21.12
88	08:26:49	08:26:52	3.80	0.0011	0.0305	28.89
89	08:26:52	08:26:56	5.10	0.0014	0.0305	21.53
90	08:26:56	08:27:00	4.70	0.0013	0.0305	23.36
91	08:27:00	08:27:05	5.10	0.0014	0.0305	21.53
92	08:27:05	08:27:08	4.13	0.0011	0.0305	26.59
93	08:27:08	08:27:12	3.75	0.0010	0.0305	29.28
94	08:27:12	08:27:16	5.10	0.0014	0.0305	21.53
95	08:27:16	08:27:20	4.15	0.0012	0.0305	26.46
96	08:27:20	08:27:23	3.89	0.0011	0.0305	28.23
97	08:27:23	08:27:27	5.20	0.0014	0.0305	21.12
98	08:27:27	08:27:31	3.80	0.0011	0.0305	28.89
99	08:27:31	08:27:34	4.15	0.0012	0.0305	26.46
100	08:27:34	08:27:38	3.89	0.0011	0.0305	28.23
101	08:27:38	08:27:41	4.15	0.0012	0.0305	26.46
102	08:27:41	08:27:45	3.89	0.0011	0.0305	28.23
103	08:27:45	08:27:49	5.20	0.0014	0.0305	21.12
104	08:27:49	08:27:52	3.80	0.0011	0.0305	28.89
105	08:27:52	08:27:56	4.15	0.0012	0.0305	26.46
106	08:27:56	08:27:59	3.89	0.0011	0.0305	28.23
107	08:27:59	08:28:04	5.20	0.0014	0.0305	21.12
108	08:28:04	08:28:07	3.80	0.0011	0.0305	28.89
109	08:28:07	08:28:12	5.10	0.0014	0.0305	21.53
110	08:28:12	08:28:15	3.75	0.0010	0.0305	29.28
RESULTADOS OBTENIDOS			VELOCIDAD INSTANTANEA PROMEDIO (KM/H)			25.85
			VELOCIDAD MINIMA (KM/H)			21.12
			VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)			29.28
			MEDIANA			26.46
			DESVIACIÓN ESTANDAR (KM/H)			3.02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De los resultados obtenidos de Tabla N° 52 - C, se aprecia que la velocidad instantánea promedio de Vehículos Mixtos fue de 25.85 Km/h, con una desviación estándar de 3.02 Km/h. La velocidad mínima registrada fue de 21.12 Km/h y la máxima de 29.28 Km/h.

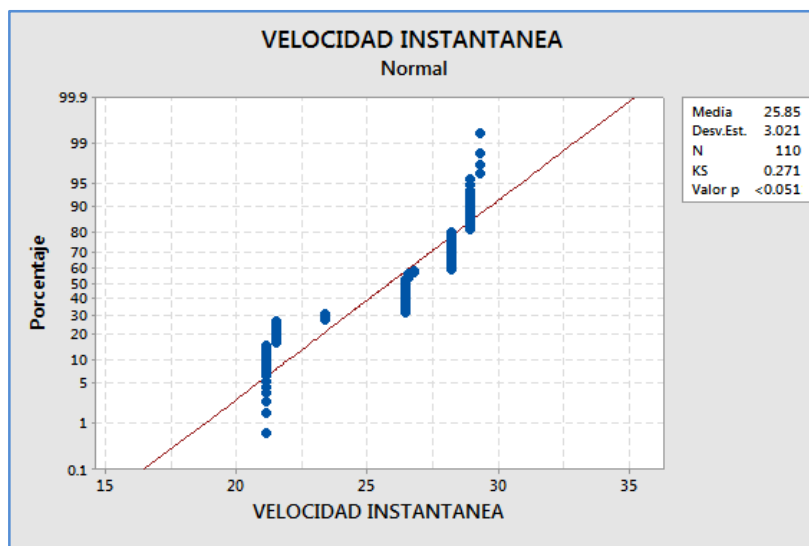
3.6.3.2. Prueba de Normalidad de la Muestra de la Velocidad

Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco

Detectaremos si nuestra muestra de tamaño $N = 110$, procede o no de una población normal.

Como el tamaño de nuestra muestra es mayor a 30 datos, se procede con el Método de Kolmogorov – Smirnov (K - S), para un nivel de confiabilidad del 95%:

**IMAGEN N° 02 – C Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea
Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – MINITAB 17

Como Valor $p = 0.051$ y es mayor a 0.05 , entonces los datos si proceden de una distribución continua, se contrasta la normalidad de la población.

3.6.4. INTERSECCIÓN DEL JR. ABTAO Y EL JR. GRAL PRADO

3.6.4.1. Estudio de Velocidad Instantánea

Tamaño de la Muestra

$$N = 110$$

Análisis Descriptivo de los Resultados

La siguiente sección describe el análisis de los resultados del estudio de Velocidades Instantáneas en el tramo en estudio intersección del Jr. Abtao

con el Jr. Gral. Prado, resumen los datos tomados en campo, de la cual se graficaron los histogramas de frecuencia, esto con el fin de obtener el rango de mayor frecuencia en el que variaban estas velocidades.

**TABLA N° 52 – D Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos
Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Gral. Prado**

INTERSECCION JR. ABTAO Y JR. GRAL. PRADO (FECHA: MARTES 19/02/19, HORA 08:00 - 09:00 AM)						
ITEM	HORA		TIEMPO (SEG)	TIEMPO (HORA)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD INSTANTANEA (KM/H)
	INICIO	FIN				
1	08:21:25	08:21:29	4.25	0.0012	0.0321	27.19
2	08:21:29	08:21:32	4.15	0.0012	0.0321	27.85
3	08:21:32	08:21:36	4.70	0.0013	0.0321	24.59
4	08:21:36	08:21:40	4.15	0.0012	0.0321	27.85
5	08:21:40	08:21:43	3.89	0.0011	0.0321	29.71
6	08:21:43	08:21:48	5.20	0.0014	0.0321	22.22
7	08:21:48	08:21:52	5.20	0.0014	0.0321	22.22
8	08:21:52	08:21:56	3.80	0.0011	0.0321	30.41
9	08:21:56	08:22:00	5.10	0.0014	0.0321	22.66
10	08:22:00	08:22:04	4.70	0.0013	0.0321	24.59
11	08:22:04	08:22:08	4.15	0.0012	0.0321	27.85
12	08:22:08	08:22:11	3.89	0.0011	0.0321	29.71
13	08:22:11	08:22:15	5.20	0.0014	0.0321	22.22
14	08:22:15	08:22:19	3.80	0.0011	0.0321	30.41
15	08:22:19	08:22:22	4.15	0.0012	0.0321	27.85
16	08:22:22	08:22:26	3.89	0.0011	0.0321	29.71
17	08:22:26	08:22:29	3.89	0.0011	0.0321	29.71
18	08:22:29	08:22:33	4.10	0.0011	0.0321	28.19
19	08:22:33	08:22:36	3.80	0.0011	0.0321	30.41
20	08:22:36	08:22:40	5.10	0.0014	0.0321	22.66
21	08:22:40	08:22:44	4.13	0.0011	0.0321	27.98
22	08:22:44	08:22:47	4.15	0.0012	0.0321	27.85
23	08:22:47	08:22:51	3.80	0.0011	0.0321	30.41

24	08:22:51	08:22:54	4.15	0.0012	0.0321	27.85
25	08:22:54	08:22:58	3.89	0.0011	0.0321	29.71
26	08:22:58	08:23:02	5.20	0.0014	0.0321	22.22
27	08:23:02	08:23:05	3.80	0.0011	0.0321	30.41
28	08:23:05	08:23:10	5.10	0.0014	0.0321	22.66
29	08:23:10	08:23:14	4.70	0.0013	0.0321	24.59
30	08:23:14	08:23:17	4.15	0.0012	0.0321	27.85
31	08:23:17	08:23:21	3.89	0.0011	0.0321	29.71
32	08:23:21	08:23:25	5.20	0.0014	0.0321	22.22
33	08:23:25	08:23:29	3.80	0.0011	0.0321	30.41
34	08:23:29	08:23:32	4.15	0.0012	0.0321	27.85
35	08:23:32	08:23:36	3.89	0.0011	0.0321	29.71
36	08:23:36	08:23:39	4.15	0.0012	0.0321	27.85
37	08:23:39	08:23:43	3.89	0.0011	0.0321	29.71
38	08:23:43	08:23:46	4.15	0.0012	0.0321	27.85
39	08:23:46	08:23:49	3.89	0.0011	0.0321	29.71
40	08:23:49	08:23:54	5.20	0.0014	0.0321	22.22
41	08:23:54	08:23:58	4.15	0.0012	0.0321	27.85
42	08:23:58	08:24:01	3.89	0.0011	0.0321	29.71
43	08:24:01	08:24:05	5.20	0.0014	0.0321	22.22
44	08:24:05	08:24:09	3.80	0.0011	0.0321	30.41
45	08:24:09	08:24:12	3.80	0.0011	0.0321	30.41
46	08:24:12	08:24:16	4.15	0.0012	0.0321	27.85
47	08:24:16	08:24:19	3.89	0.0011	0.0321	29.71
48	08:24:19	08:24:22	3.80	0.0011	0.0321	30.41
49	08:24:22	08:24:26	4.15	0.0012	0.0321	27.85
50	08:24:26	08:24:29	3.89	0.0011	0.0321	29.71
51	08:24:29	08:24:34	5.20	0.0014	0.0321	22.22
52	08:24:34	08:24:37	3.80	0.0011	0.0321	30.41
53	08:24:37	08:24:41	5.10	0.0014	0.0321	22.66
54	08:24:41	08:24:45	4.70	0.0013	0.0321	24.59
55	08:24:45	08:24:49	4.15	0.0012	0.0321	27.85
56	08:24:49	08:24:52	3.89	0.0011	0.0321	29.71
57	08:24:52	08:24:57	5.20	0.0014	0.0321	22.22
58	08:24:57	08:25:00	3.80	0.0011	0.0321	30.41
59	08:25:00	08:25:04	4.15	0.0012	0.0321	27.85

60	08:25:04	08:25:07	3.89	0.0011	0.0321	29.71
61	08:25:07	08:25:12	5.20	0.0014	0.0321	22.22
62	08:25:12	08:25:15	3.80	0.0011	0.0321	30.41
63	08:25:15	08:25:18	3.80	0.0011	0.0321	30.41
64	08:25:18	08:25:22	4.15	0.0012	0.0321	27.85
65	08:25:22	08:25:25	3.89	0.0011	0.0321	29.71
66	08:25:25	08:25:30	5.20	0.0014	0.0321	22.22
67	08:25:30	08:25:33	3.80	0.0011	0.0321	30.41
68	08:25:33	08:25:36	4.15	0.0012	0.0321	27.85
69	08:25:36	08:25:40	3.89	0.0011	0.0321	29.71
70	08:25:40	08:25:44	5.20	0.0014	0.0321	22.22
71	08:25:44	08:25:48	3.80	0.0011	0.0321	30.41
72	08:25:48	08:25:52	5.10	0.0014	0.0321	22.66
73	08:25:52	08:25:56	4.70	0.0013	0.0321	24.59
74	08:25:56	08:26:00	4.15	0.0012	0.0321	27.85
75	08:26:00	08:26:03	3.89	0.0011	0.0321	29.71
76	08:26:03	08:26:07	5.20	0.0014	0.0321	22.22
77	08:26:07	08:26:11	3.80	0.0011	0.0321	30.41
78	08:26:11	08:26:14	4.15	0.0012	0.0321	27.85
79	08:26:14	08:26:18	3.89	0.0011	0.0321	29.71
80	08:26:18	08:26:21	3.89	0.0011	0.0321	29.71
81	08:26:21	08:26:26	5.20	0.0014	0.0321	22.22
82	08:26:26	08:26:29	3.80	0.0011	0.0321	30.41
83	08:26:29	08:26:33	5.10	0.0014	0.0321	22.66
84	08:26:33	08:26:37	4.70	0.0013	0.0321	24.59
85	08:26:37	08:26:41	3.80	0.0011	0.0321	30.41
86	08:26:41	08:26:44	4.15	0.0012	0.0321	27.85
87	08:26:44	08:26:48	3.89	0.0011	0.0321	29.71
88	08:26:48	08:26:52	5.20	0.0014	0.0321	22.22
89	08:26:52	08:26:55	3.80	0.0011	0.0321	30.41
90	08:26:55	08:27:00	5.10	0.0014	0.0321	22.66
91	08:27:00	08:27:04	4.70	0.0013	0.0321	24.59
92	08:27:04	08:27:07	4.15	0.0012	0.0321	27.85
93	08:27:07	08:27:11	3.89	0.0011	0.0321	29.71
94	08:27:11	08:27:15	5.20	0.0014	0.0321	22.22
95	08:27:15	08:27:18	3.80	0.0011	0.0321	30.41

96	08:27:18	08:27:22	4.15	0.0012	0.0321	27.85
97	08:27:22	08:27:25	3.89	0.0011	0.0321	29.71
98	08:27:25	08:27:29	3.80	0.0011	0.0321	30.41
99	08:27:29	08:27:33	5.10	0.0014	0.0321	22.66
100	08:27:33	08:27:37	4.70	0.0013	0.0321	24.59
101	08:27:37	08:27:41	4.15	0.0012	0.0321	27.85
102	08:27:41	08:27:44	3.89	0.0011	0.0321	29.71
103	08:27:44	08:27:49	5.20	0.0014	0.0321	22.22
104	08:27:49	08:27:52	3.80	0.0011	0.0321	30.41
105	08:27:52	08:27:55	4.15	0.0012	0.0321	27.85
106	08:27:55	08:27:59	3.89	0.0011	0.0321	29.71
107	08:27:59	08:28:03	5.20	0.0014	0.0321	22.22
108	08:28:03	08:28:07	3.80	0.0011	0.0321	30.41
109	08:28:07	08:28:11	5.10	0.0014	0.0321	22.66
110	08:28:11	08:28:14	3.75	0.0010	0.0321	30.82
RESULTADOS OBTENIDOS			VELOCIDAD INSTANTANEA PROMEDIO (KM/H)			27.23
			VELOCIDAD MINIMA (KM/H)			22.22
			VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)			30.82
			MEDIANA			27.85
			DESVIACIÓN ESTANDAR (KM/H)			3.17

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

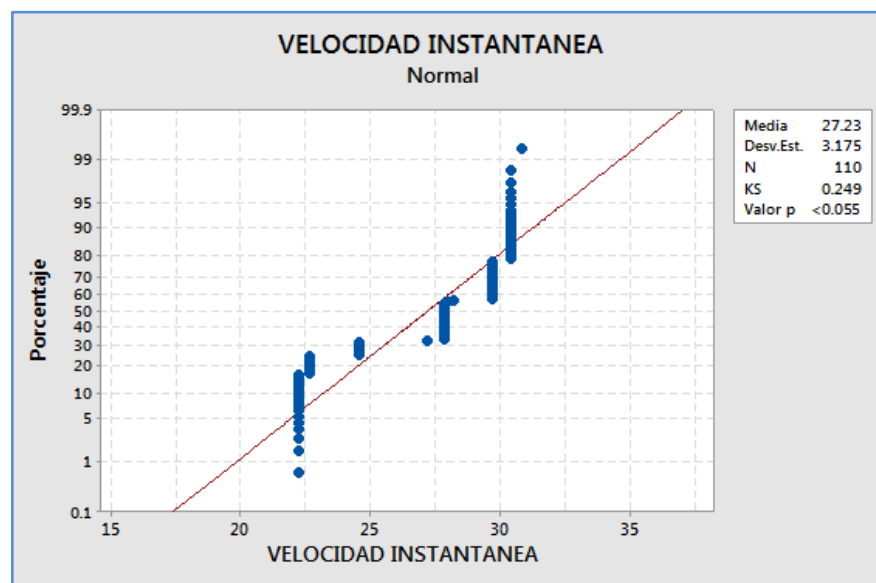
De los resultados obtenidos de Tabla N° 52 - D, se aprecia que la velocidad instantánea promedio de Vehículos Mixtos fue de 27.23 Km/h, con una desviación estándar de 3.17 Km/h. La velocidad mínima registrada fue de 22.22 Km/h y la máxima de 30.82 Km/h.

3.6.4.2. Prueba de Normalidad de la Muestra de la Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Gral. Prado

Detectaremos si nuestra muestra de tamaño $N = 110$, procede o no de una población normal.

Como el tamaño de nuestra muestra es mayor a 30 datos, se procede con el Método de Kolmogorov – Smirnov (K - S), para un nivel de confiabilidad del 95%:

IMAGEN N° 02 – D Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Gral. Prado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – MINITAB 17

Como Valor $p = 0.055$ y es mayor a 0.05 , entonces los datos si proceden de una distribución continua, se contrasta la normalidad de la población.

3.6.5. INTERSECCIÓN DEL JR. ABTAO Y EL JR. DAMASO BERAUN

3.6.5.1. Estudio de Velocidad Instantánea

Tamaño de la Muestra

$$N = 110$$

Análisis Descriptivo de los Resultados

La siguiente sección describe el análisis de los resultados del estudio de Velocidades Instantáneas en el tramo en estudio intersección del Jr. Abtao con el Jr. Damaso Beraun, resumen los datos tomados en campo, de la cual se graficaron los histogramas de frecuencia, esto con el fin de obtener el rango de mayor frecuencia en el que variaban estas velocidades.

**TABLA N° 52 – F Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos
Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun**

INTERSECCION JR. ABTAO Y JR. DAMASO BERAUN (FECHA: MIERCOLES 20/02/19, HORA 08:00 - 09:00 AM)						
ITEM	HORA		TIEMPO (SEG)	TIEMPO (HORA)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD INSTANTANEA (KM/H)
	INICIO	FIN				
1	08:21:25	08:21:29	4.15	0.0012	0.0299	25.94
2	08:21:29	08:21:33	4.70	0.0013	0.0299	22.90
3	08:21:33	08:21:36	4.15	0.0012	0.0299	25.94
4	08:21:36	08:21:41	5.20	0.0014	0.0299	20.70
5	08:21:41	08:21:45	5.20	0.0014	0.0299	20.70
6	08:21:45	08:21:49	3.80	0.0011	0.0299	28.33
7	08:21:49	08:21:53	5.20	0.0014	0.0299	20.70
8	08:21:53	08:21:57	4.15	0.0012	0.0299	25.94
9	08:21:57	08:22:00	3.89	0.0011	0.0299	27.67
10	08:22:00	08:22:04	5.20	0.0014	0.0299	20.70
11	08:22:04	08:22:08	3.80	0.0011	0.0299	28.33
12	08:22:08	08:22:11	3.80	0.0011	0.0299	28.33
13	08:22:11	08:22:15	4.15	0.0012	0.0299	25.94
14	08:22:15	08:22:18	3.89	0.0011	0.0299	27.67
15	08:22:18	08:22:21	3.80	0.0011	0.0299	28.33
16	08:22:21	08:22:25	3.80	0.0011	0.0299	28.33
17	08:22:25	08:22:28	4.15	0.0012	0.0299	25.94
18	08:22:28	08:22:31	3.89	0.0011	0.0299	27.67
19	08:22:31	08:22:35	4.15	0.0012	0.0299	25.94
20	08:22:35	08:22:40	5.20	0.0014	0.0299	20.70
21	08:22:40	08:22:44	5.20	0.0014	0.0299	20.70
22	08:22:44	08:22:47	3.80	0.0011	0.0299	28.33
23	08:22:47	08:22:52	5.20	0.0014	0.0299	20.70
24	08:22:52	08:22:55	3.89	0.0011	0.0299	27.67
25	08:22:55	08:22:59	4.70	0.0013	0.0299	22.90
26	08:22:59	08:23:03	4.15	0.0012	0.0299	25.94
27	08:23:03	08:23:07	5.20	0.0014	0.0299	20.70
28	08:23:07	08:23:12	5.20	0.0014	0.0299	20.70
29	08:23:12	08:23:15	3.80	0.0011	0.0299	28.33

30	08:23:15	08:23:19	4.15	0.0012	0.0299	25.94
31	08:23:19	08:23:23	5.20	0.0014	0.0299	20.70
32	08:23:23	08:23:28	5.20	0.0014	0.0299	20.70
33	08:23:28	08:23:31	3.80	0.0011	0.0299	28.33
34	08:23:31	08:23:35	5.20	0.0014	0.0299	20.70
35	08:23:35	08:23:39	3.89	0.0011	0.0299	27.67
36	08:23:39	08:23:43	4.70	0.0013	0.0299	22.90
37	08:23:43	08:23:46	4.15	0.0012	0.0299	25.94
38	08:23:46	08:23:51	5.20	0.0014	0.0299	20.70
39	08:23:51	08:23:55	5.20	0.0014	0.0299	20.70
40	08:23:55	08:23:59	3.80	0.0011	0.0299	28.33
41	08:23:59	08:24:03	5.20	0.0014	0.0299	20.70
42	08:24:03	08:24:06	3.80	0.0011	0.0299	28.33
43	08:24:06	08:24:11	5.10	0.0014	0.0299	21.11
44	08:24:11	08:24:15	4.70	0.0013	0.0299	22.90
45	08:24:15	08:24:19	4.15	0.0012	0.0299	25.94
46	08:24:19	08:24:22	3.89	0.0011	0.0299	27.67
47	08:24:22	08:24:26	5.20	0.0014	0.0299	20.70
48	08:24:26	08:24:31	5.20	0.0014	0.0299	20.70
49	08:24:31	08:24:34	4.15	0.0012	0.0299	25.94
50	08:24:34	08:24:39	5.20	0.0014	0.0299	20.70
51	08:24:39	08:24:43	5.20	0.0014	0.0299	20.70
52	08:24:43	08:24:48	5.20	0.0014	0.0299	20.70
53	08:24:48	08:24:51	3.80	0.0011	0.0299	28.33
54	08:24:51	08:24:56	5.20	0.0014	0.0299	20.70
55	08:24:56	08:24:59	4.15	0.0012	0.0299	25.94
56	08:24:59	08:25:03	3.89	0.0011	0.0299	27.67
57	08:25:03	08:25:07	5.20	0.0014	0.0299	20.70
58	08:25:07	08:25:10	3.80	0.0011	0.0299	28.33
59	08:25:10	08:25:14	3.80	0.0011	0.0299	28.33
60	08:25:14	08:25:17	4.15	0.0012	0.0299	25.94
61	08:25:17	08:25:21	3.89	0.0011	0.0299	27.67
62	08:25:21	08:25:24	3.80	0.0011	0.0299	28.33
63	08:25:24	08:25:27	3.80	0.0011	0.0299	28.33
64	08:25:27	08:25:31	4.15	0.0012	0.0299	25.94
65	08:25:31	08:25:34	3.89	0.0011	0.0299	27.67

66	08:25:34	08:25:38	4.15	0.0012	0.0299	25.94
67	08:25:38	08:25:42	5.20	0.0014	0.0299	20.70
68	08:25:42	08:25:47	5.20	0.0014	0.0299	20.70
69	08:25:47	08:25:50	3.80	0.0011	0.0299	28.33
70	08:25:50	08:25:55	5.20	0.0014	0.0299	20.70
71	08:25:55	08:25:58	3.89	0.0011	0.0299	27.67
72	08:25:58	08:26:02	4.70	0.0013	0.0299	22.90
73	08:26:02	08:26:06	4.15	0.0012	0.0299	25.94
74	08:26:06	08:26:10	5.20	0.0014	0.0299	20.70
75	08:26:10	08:26:15	5.20	0.0014	0.0299	20.70
76	08:26:15	08:26:18	3.80	0.0011	0.0299	28.33
77	08:26:18	08:26:21	4.15	0.0012	0.0299	25.94
78	08:26:21	08:26:26	5.20	0.0014	0.0299	20.70
79	08:26:26	08:26:30	5.20	0.0014	0.0299	20.70
80	08:26:30	08:26:34	3.80	0.0011	0.0299	28.33
81	08:26:34	08:26:38	5.20	0.0014	0.0299	20.70
82	08:26:38	08:26:42	3.89	0.0011	0.0299	27.67
83	08:26:42	08:26:46	4.70	0.0013	0.0299	22.90
84	08:26:46	08:26:49	4.15	0.0012	0.0299	25.94
85	08:26:49	08:26:54	5.20	0.0014	0.0299	20.70
86	08:26:54	08:26:58	5.20	0.0014	0.0299	20.70
87	08:26:58	08:27:01	3.80	0.0011	0.0299	28.33
88	08:27:01	08:27:06	5.20	0.0014	0.0299	20.70
89	08:27:06	08:27:09	3.80	0.0011	0.0299	28.33
90	08:27:09	08:27:14	5.10	0.0014	0.0299	21.11
91	08:27:14	08:27:18	4.70	0.0013	0.0299	22.90
92	08:27:18	08:27:21	4.15	0.0012	0.0299	25.94
93	08:27:21	08:27:25	3.89	0.0011	0.0299	27.67
94	08:27:25	08:27:29	5.20	0.0014	0.0299	20.70
95	08:27:29	08:27:34	5.20	0.0014	0.0299	20.70
96	08:27:34	08:27:37	4.15	0.0012	0.0299	25.94
97	08:27:37	08:27:42	5.20	0.0014	0.0299	20.70
98	08:27:42	08:27:45	4.15	0.0012	0.0299	25.94
99	08:27:45	08:27:49	4.15	0.0012	0.0299	25.94
100	08:27:49	08:27:53	5.20	0.0014	0.0299	20.70
101	08:27:53	08:27:58	5.20	0.0014	0.0299	20.70

102	08:27:58	08:28:01	3.80	0.0011	0.0299	28.33
103	08:28:01	08:28:06	5.20	0.0014	0.0299	20.70
104	08:28:06	08:28:09	3.89	0.0011	0.0299	27.67
105	08:28:09	08:28:13	4.70	0.0013	0.0299	22.90
106	08:28:13	08:28:17	4.15	0.0012	0.0299	25.94
107	08:28:17	08:28:21	5.20	0.0014	0.0299	20.70
108	08:28:21	08:28:26	5.20	0.0014	0.0299	20.70
109	08:28:26	08:28:29	3.80	0.0011	0.0299	28.33
110	08:28:29	08:28:32	4.12	0.0011	0.0299	26.13
RESULTADOS OBTENIDOS			VELOCIDAD INSTANTANEA PROMEDIO (KM/H)			24.36
			VELOCIDAD MINIMA (KM/H)			20.70
			VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)			28.33
			MEDIANA			25.94
			DESVIACIÓN ESTANDAR (KM/H)			3.23

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

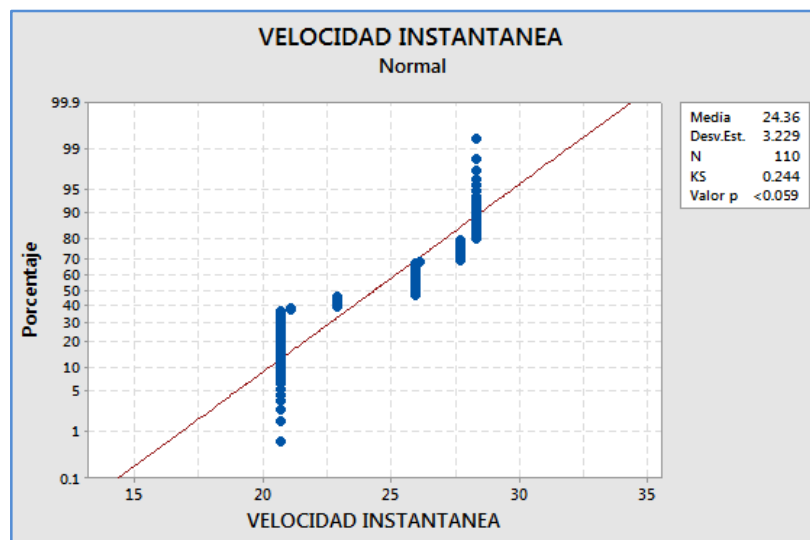
De los resultados obtenidos de Tabla N° 52 - F, se aprecia que la velocidad instantánea promedio de Vehículos Mixtos fue de 24.36 Km/h, con una desviación estándar de 3.23 Km/h. La velocidad mínima registrada fue de 20.70 Km/h y la máxima de 28.33 Km/h.

3.6.5.2. Prueba de Normalidad de la Muestra de la Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun

Detectaremos si nuestra muestra de tamaño $N = 110$, procede o no de una población normal.

Como el tamaño de nuestra muestra es mayor a 30 datos, se procede con el Método de Kolmogorov – Smirnov (K - S), para un nivel de confiabilidad del 95%:

IMAGEN N° 02 – F Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – MINITAB 17

Como Valor $p = 0.059$ y es mayor a 0.05, entonces los datos si proceden de una distribución continua, se contrasta la normalidad de la población.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Una red vial se representa como una red de arcos y nodos. Los arcos son tramos con distintas características de diseño y operación, los nodos

representan intersecciones o lugares donde el diseño de un arco es modificado.

- a. Para proceder a la construcción del modelo de simulación, es necesario realizar un trabajo de ingeniería de detalle así mismo recopilar información detallada del área de estudio. La construcción del modelo inicia con la construcción de la red vial de la infraestructura existente, tomando como base el Plano Catastral actualizado de la Ciudad de Huánuco, proporcionado por la Municipalidad Provincial de Huánuco, así mismo se realiza el trabajo de campo consistente en mediciones de la longitud de calles, ancho de calzadas, pendientes aproximadas, tipo de pavimento (Figura N° 12 Secciones Transversales de las Intersecciones en Estudio - Figura N° 14 Zonificación del Área en Estudio- Figura N° 27 Distancias Existentes de Semáforo a Semáforo Consecutivo a lo Largo de la Vía), el trabajo de campo se realiza con el apoyo de estudiantes de Ingeniería Civil, debidamente capacitados, posteriormente con la información obtenida se procede a configurar la malla vial con la geometría del área, sobre la cual se codifican de manera gráfica los arcos y conectores, incluyendo todas sus características físicas. Los arcos representan los tramos de vía y los conectores representan las áreas de enlace entre

los arcos (intersecciones, uniones de calzadas, áreas de conflictos), ver Tabla Figura N° 12 Secciones Transversales de las Intersecciones en Estudio: Datos Geométricos de Infraestructura existente.

- b. Para la generación de planos e imágenes se parte del Plano Catastral actualizado que considera las últimas modificaciones de infraestructura, lo cual fue verificado según el trabajo de campo en el área de estudio, así mismo la información se complementa con las fotografías aéreas de Google Earth, actualizadas en el área objeto de estudio a Noviembre de 2018.
- c. Para la codificación de los arcos se incluyó la información registrada en el levantamiento de tramos (Ver Figura N° 12 Secciones Transversales de las Intersecciones en Estudio: Datos Geométricos de Infraestructura existente), que incorpora directamente la longitud de calles, anchos de calzada, pendientes, cantidad de carriles, tipo de pavimento.
- d. El modelo microscópico es alimentado con la demanda vehicular, de acuerdo a la clasificación vehicular de los aforos y los Flujogramas de Intersecciones (Figuras de N° 17 al N° 22).
- e. Una vez que se tiene construida la red, y que se incorpora la información de demanda (tráficos), se hacen ajustes de parámetros operacionales, como velocidades máxima y mínima aceleración y

deceleración, composición del tráfico, parámetros de comportamiento del conductor, período de simulación, modificación a algunas reglas de prioridad, y áreas de conflicto en caso de que el modelo lo requiera.

Procesamiento de Información de Tráfico

- f. Para la creación del modelo de simulación se ingresa directamente las proporciones de vehículos que realizan cada movimiento directamente en cada intersección, considerando las intersecciones que conforman la red vial, Figura N° 11 Área de Influencia en Estudio.
- g. La información correspondiente a la demanda vehicular es ingresada al modelo en cada una de las entradas que configuran la red vial analizada, incluyendo su composición vehicular y cantidad de vehículos que hacen los distintos movimientos permitidos en las intersecciones.
- h. Tanto los volúmenes de entrada como las proporciones se introdujeron al modelo en intervalos de 15 minutos, para incorporar las variaciones de tráfico que se dan durante el período de modelación (60 minutos – Hora de máxima demanda).

3.7.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO COMPORTAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

a. **WIEDEMANN 74:** Zona Urbana

Parámetros del Modelo Wiedemann 74 – Call Following

A. Distancia Entre Dos Vehículos

$$d = Ax + Bx \quad \text{Ecuación (15)}$$

Distancia Estática Promedio (Ax). - define el promedio de la distancia entre dos vehículos que se encuentran detenidos, la cual tiene una variación fija de ± 1 m.

Parte Aditiva y Multiplicativa de la distancia de Seguridad.

Estas afectan la distancia de seguridad (d).

$$Bx = (Bx_{Ad} + Bx_{Mult} \times Z)x \sqrt{Vi} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$Bx_{Mult} = Bx_{Ad} + 1 \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

V: Es la velocidad del vehículo líder.

Z: Es una distribución normal con un rango de [0,1]; Z = 0.5

FIGURA N° 30 Distancia Estática Promedio (Ax)

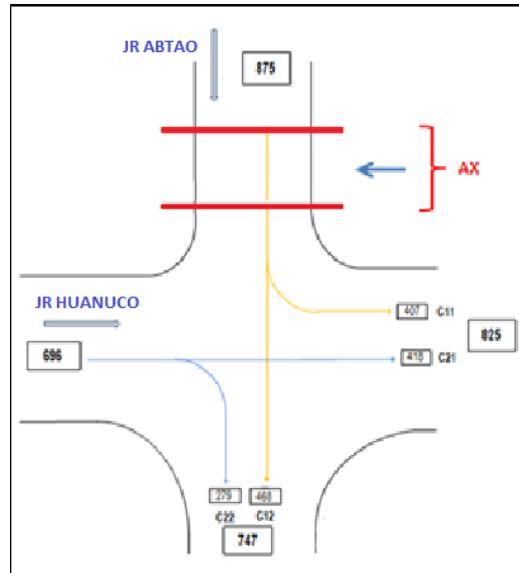
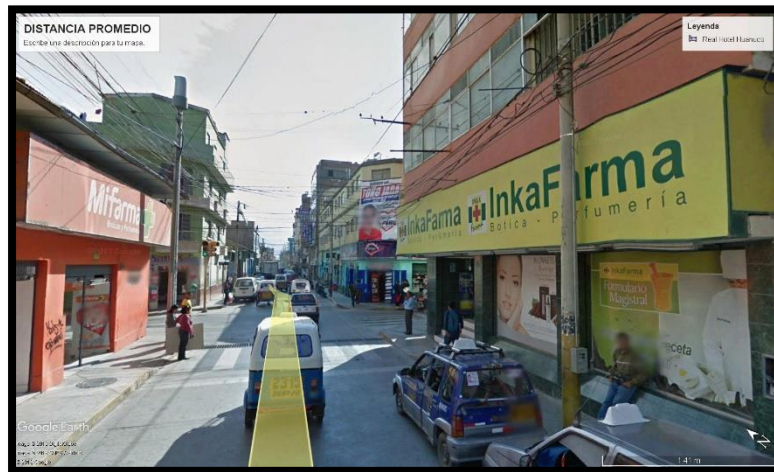


IMAGEN N° 03 Distancia Estática Promedio (Ax)



FUENTE: GOOGLE EARTH

De los análisis y observaciones realizadas los videos (Dron), se desarrolló las siguiente Tabla.

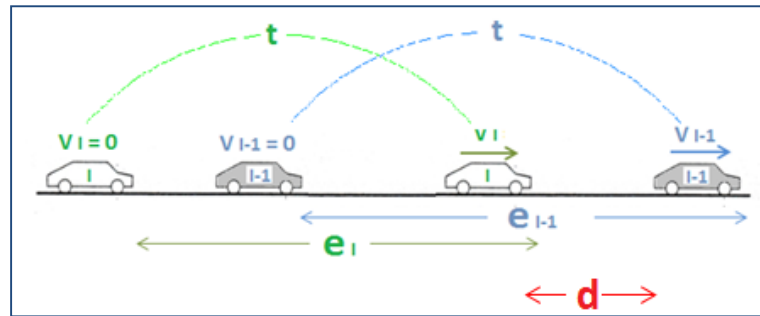
TABLA N°46 Distancia Estática Promedio Ax

OBSERVACIÓN	DISTANCIA Ax
1	0.80
2	0.85
3	0.75
4	0.85
5	0.75
6	0.80
7	0.80
8	0.75
9	0.60
10	0.60

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

IMAGEN N° 04 Distancia Entre Dos Vehículos (d)

FUENTE: GOOGLE EARTH



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N°47 Parte Aditiva y Multiplicativa de la Distancia de Seguridad

N° OBS	Ax (m)	d (m)	V _i (km/h)	Bx (m)	Bx_Ad(m)	Bx_Mult (m)
1	0.80	12.20	17.50	11.40	2.06	3.06
2	0.85	13.50	16.80	12.65	2.34	3.34
3	0.75	10.20	16.25	9.45	1.78	2.78
4	0.85	14.50	18.20	13.65	2.42	3.42
5	0.75	12.60	17.60	11.85	2.14	3.14
6	0.80	10.80	16.40	10.00	1.88	2.88
7	0.80	13.30	16.80	12.50	2.32	3.32
8	0.75	13.60	16.80	12.85	2.38	3.38
9	0.60	15.60	19.50	15.00	2.55	3.55
10	0.60	14.60	18.30	14.00	2.47	3.47

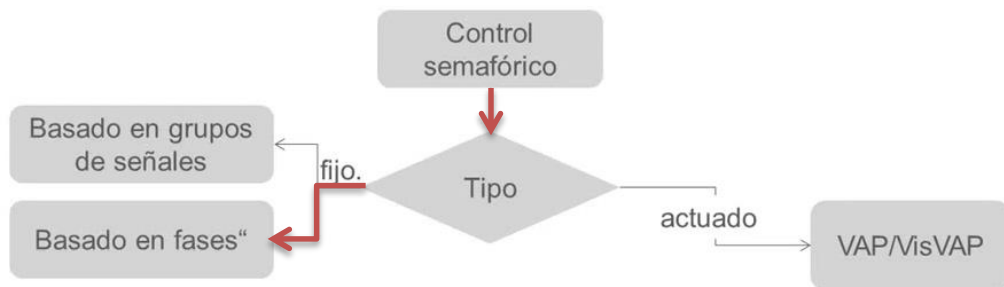
PROMEDIO = 2.23 3.23

Bx_Ad = 2.23 m

Bx_Mult = 3.23 m

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

B. Control por Semaforización.



CAPITULO IV. ANÁLISIS, SIMULACIÓN, RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.1. ANÁLISIS

Se tienen los datos determinados en el Capítulo III, los cuales se detallan:

Control por Semaforización.

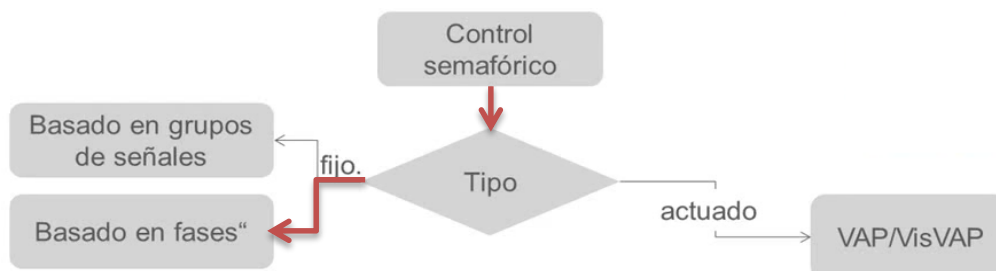
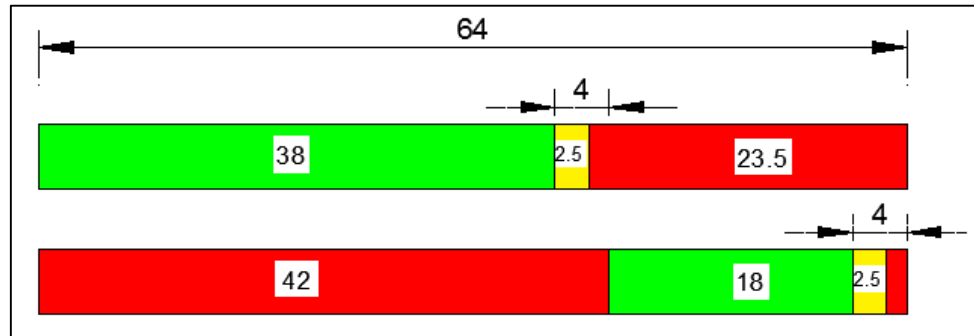


TABLA N°45 Tiempo de Verde Efectivo

		Jr. ABTAO	Jr. TRANSVERSALES
		TIEMPO DE VERDE EFECTIVO g1	TIEMPO DE VERDE EFECTIVO g2
TRANSVERS ALES AL JR. ABTAO	JR. AGUILAR	38	22
	JR. AYACUCHO	38	22
	JR. HUANUCO	38	22
	JR. GRAL. PRADO	38	22
	JR. DAMASO BERAUN	38	22

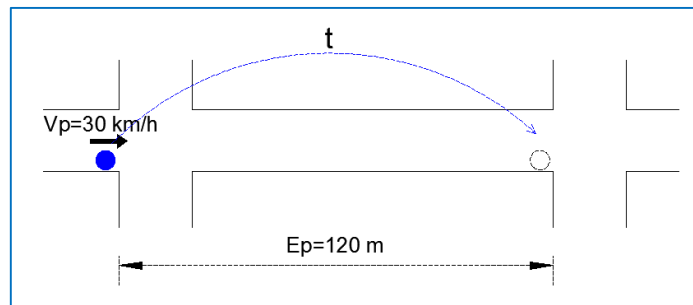
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – DETERMINADOS EN EL CAPITULO III – ITEM 3.3.8.4.

**FIGURA N° 28 Distribución de los Tiempos de Ciclos
Jr. Abtao y sus Transversales**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DETERMINADOS EN EL CAPITULO III –
ITEM 3.4.2.

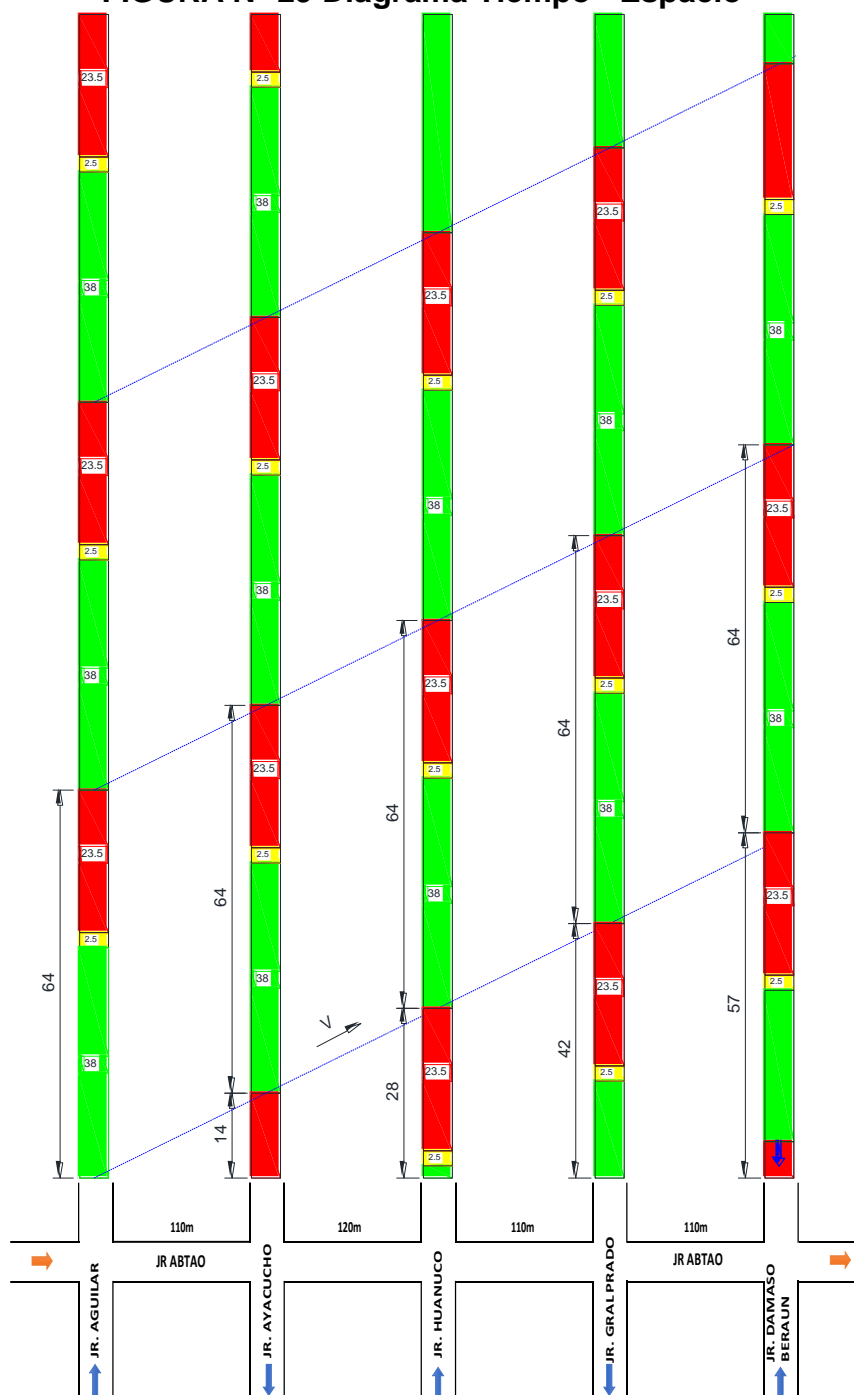
DESFASE ENTRE SEMAFOROS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DETERMINADOS EN EL CAPITULO III –
ITEM 3.4.3.

$$t = 14 \text{ seg.}$$

FIGURA N° 29 Diagrama Tiempo - Espacio

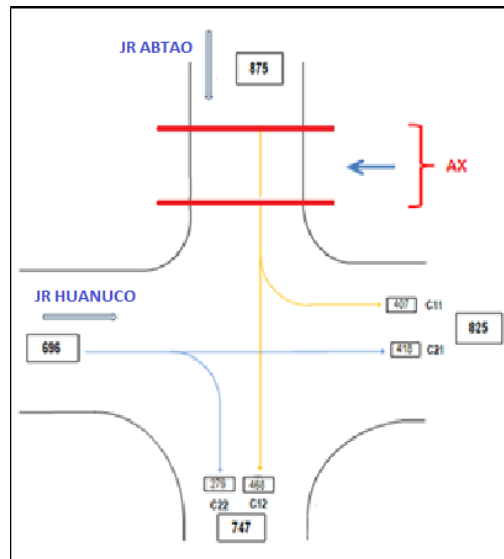


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DETERMINADOS EN EL CAPITULO III – ITEM 3.4.4.

CALIBRACIÓN DEL MODELO

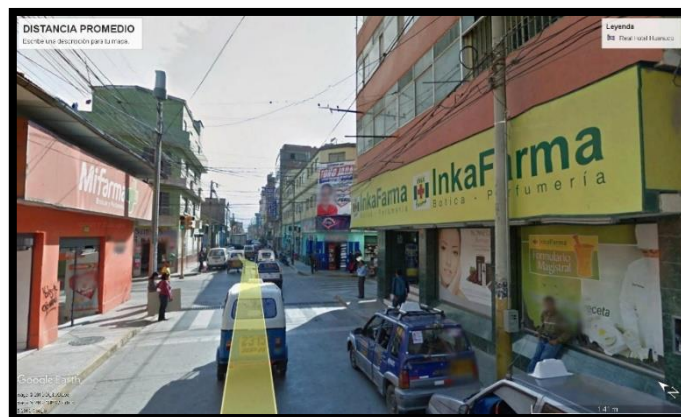
b. WIEDEMANN 74: Zona Urbana

FIGURA N° 30 Distancia Estática Promedio (Ax)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DETERMINADOS EN EL
CAPITULO III – ITEM 3.7.1

IMAGEN N° 03 Distancia Estática Promedio (Ax)

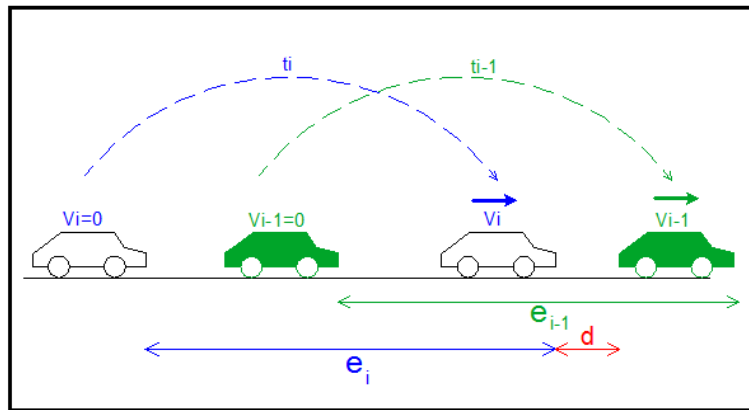


FUENTE: GOOGLE EARTH

IMAGEN N° 04 Distancia Entre Dos Vehículos (d)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DRON



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N°47 Parte Aditiva y Multiplicativa de la Distancia de Seguridad

$$Bx_{Ad} = 2.23 \text{ m}$$

$$Bx_{Mult} = 3.23 \text{ m}$$

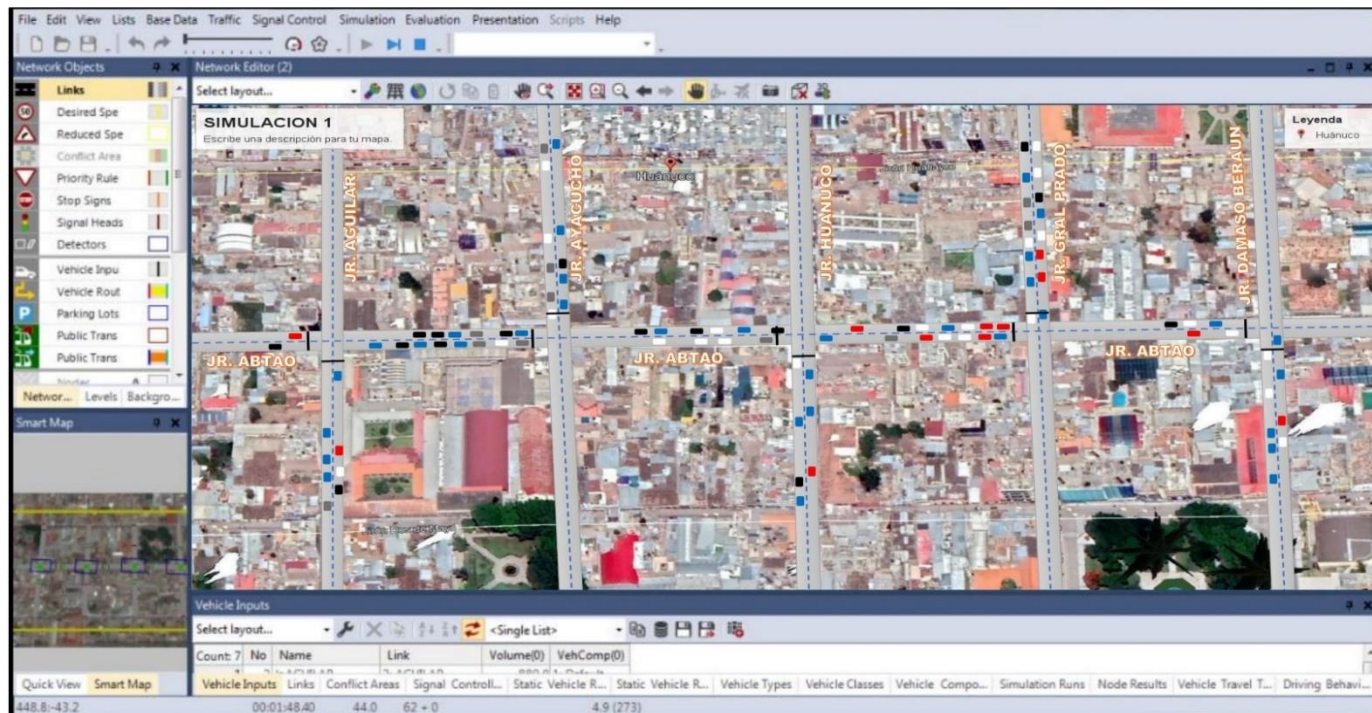
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - DETERMINADOS EN EL CAPITULO III – IT

4.2. SIMULACIÓN

4.2.1. SIMULACIÓN EN EL ESCENARIO SIN PROYECTO

VIDEO N° 01, SIMULACIÓN ESCENARIO

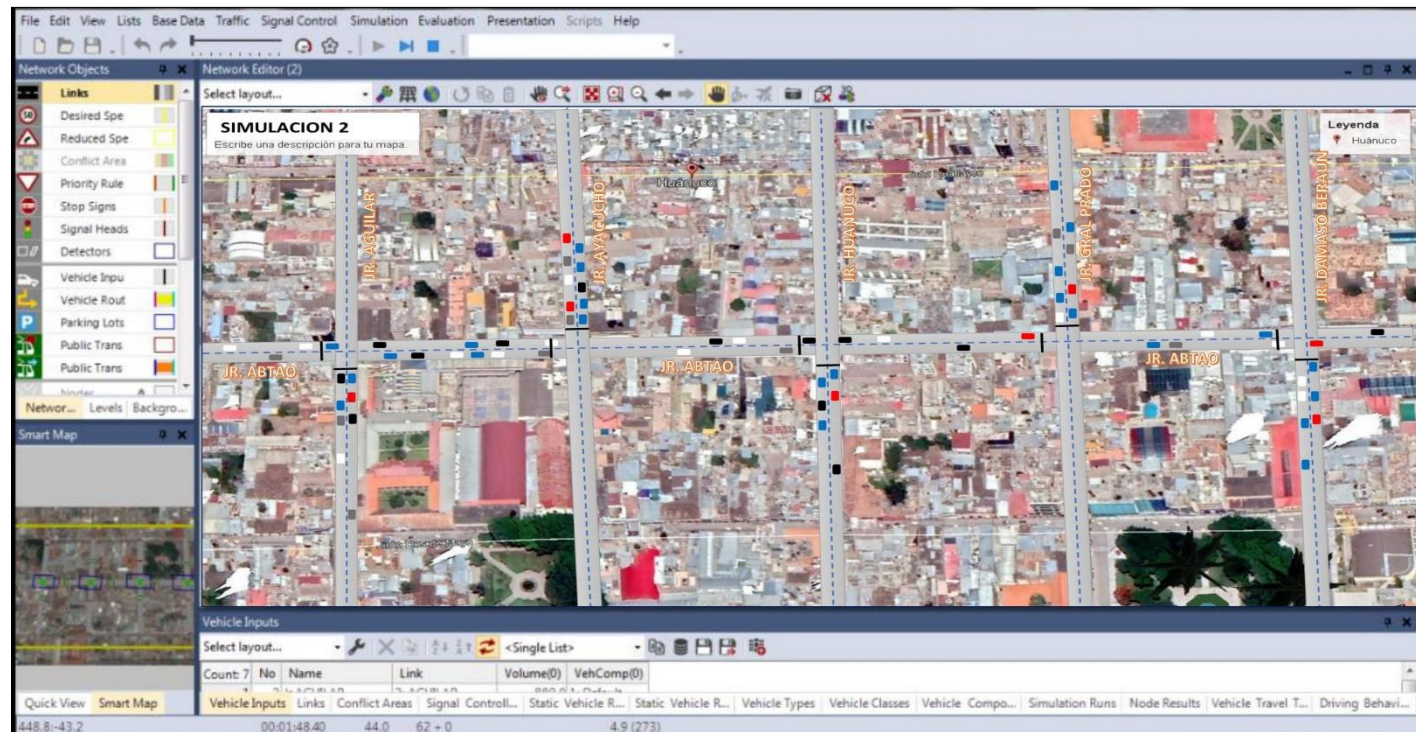
SIN PROYECTO ACTUAL 2019



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - VISSIM 11.00

4.2.2. SIMULACIÓN EN EL ESCENARIO CON PROYECTO

VIDEO N° 02, SIMULACIÓN ESCENARIO CON PROYECTO ACTUAL 2019



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA - VISSIM 11.00

4.3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1.1. RESULTADOS DE LAS VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN. -

En la Tabla N° 02, se muestran los parámetros de medición de los Niveles de Servicio HCM 2010 para Intersecciones Semaforizadas.

Con estos resultados se van a comparar los escenarios Sin Proyecto y Con Proyecto, que determinaran las mejoras en las Demoras con la determinación de los tiempos de las fases de los ciclos, para la coordinación adecuada en las Intersecciones Semaforizadas en la Vía Céntrica del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco, mejorando los Niveles de Servicio.

TABLA N° 02. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN	DEMORAS (seg)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	< = 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	> 10 - 20
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales empiezan a fallar.	> 20 – 35
D	Un ciclo largo a y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	> 35 - 55
E	Es el limite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	> 55 - 80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos demasiados largos.	> 80

Fuente: HCM 2010

4.3.1.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN EL ESCENARIO ACTUAL SIN PROYECTO

Presentamos los resultados del estudio de simulación en la Tabla N° 53, (Herramienta de Microsimulación Vissim 11).

**TABLA N°53 Resultados Sin Proyecto
Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforizadas**

QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	VehDelay(All)
13.16	60.00	0	0	
13.16	60.00	170	170	18.60
10.30	60.00	319	319	15.46
37.96	72.64	57	57	46.66
37.96	72.64	55	55	45.02
87.12	172.52	0	0	
87.12	172.52	180	180	55.93
62.54	172.52	292	292	52.06
11.53	56.55	94	94	16.10
11.53	56.55	52	52	13.96
26.27	68.04	0	0	
37.89	85.43	219	219	24.16
25.23	85.43	365	365	20.63
6.52	46.71	91	91	9.94
6.52	46.71	44	44	10.43
12.93	87.25	0	0	
12.93	87.25	263	263	7.74
9.72	87.25	398	398	8.54

FUENTE: VISSIM 11.00

4.3.1.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN EL ESCENARIO CON PROYECTO ACTUAL 2019 - SEMAFOROS EN TODAS LAS INTERSECCIONES

Presentamos los resultados del estudio de simulación en la Tabla N° 54, (Herramienta de Microsimulación Vissim 11).

TABLA N°54 Resultados Con Proyecto
Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforzadas

QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	VehDelay(All)
16.97	56.86	59	59	20.21
12.99	50.89	51	51	21.79
0.89	25.29	27	27	2.44
2.56	33.39	67	67	6.80
8.35	25.29	204	204	13.85
14.26	45.58	58	58	20.02
14.26	45.58	62	62	19.62
5.41	44.72	66	66	8.97
5.41	44.72	50	50	9.44
9.84	45.58	236	236	14.58
7.68	32.97	56	56	17.42
7.68	32.97	27	27	20.03
5.43	33.89	46	46	10.82
5.43	33.89	57	57	8.27
6.55	33.89	186	186	13.36
13.07	38.91	48	48	23.13
13.07	38.91	51	51	22.49
1.85	24.57	44	44	4.87
1.85	24.57	39	39	6.35
7.46	38.91	182	182	14.94
8.44	33.39	192	192	22.98
7.45	43.09	26	26	11.62
0.00	0.00	58	58	0.65
0.42	13.53	36	36	3.60
8.44	25.29	192	192	22.98
7.45	43.09	62	62	18.50
7.45	43.09	26	26	11.62
0.67	6.94	37	37	0.14
0.67	6.94	33	33	3.39
4.06	43.09	158	158	9.91

4.3.1.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

4.3.1.4.1. DEMORAS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS SIN PROYECTO Y CON PROYECTO ACTUAL 2019

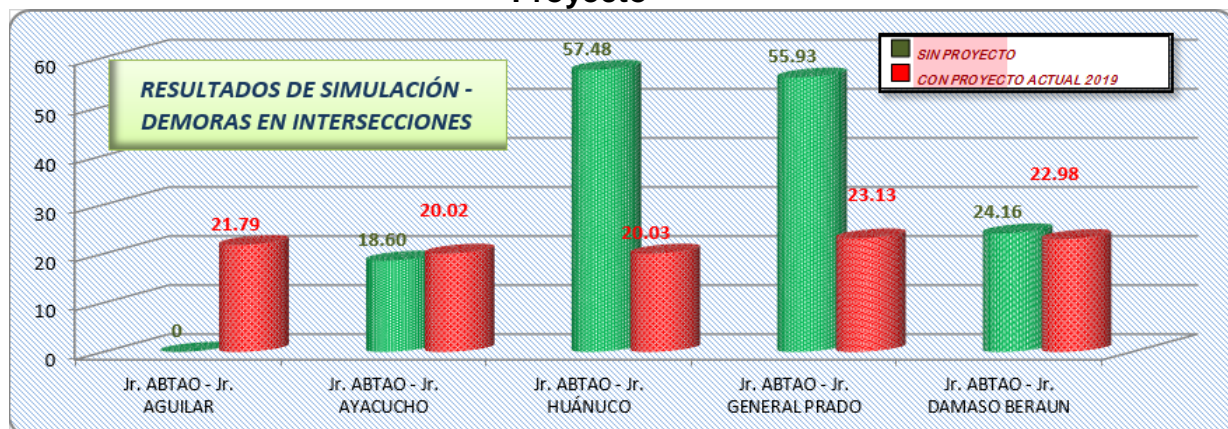
Con los resultados de la simulación con la Herramienta Vissim 11, de los escenarios Sin Proyecto y Con Proyecto en la Vía Arterial Céntrica del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco, en cada una de sus Intersecciones, se ha elaborado la Tabla N° 59 Resumen de la simulación de Transito Demoras en Intersecciones SemafORIZADAS y en la Imagen N° 9 las Demoras que se presentan en las Intersecciones SemafORIZADAS Sin Proyecto y Con Proyecto.

TABLA N° 59 Resumen de la simulación de Transito Demoras en Intersecciones SemafORIZADAS

N°	INTERSECCION	RESULTADOS DE SIMULACION VISSIM 11.00			RESULTADOS DE SIMULACION VISSIM 11.00		
		(SIN PROYECTO)			(CON PROYECTO - ACTUAL 2019)		
		TIEMPO DEL CICLO (seg)	NIVEL DE SERVICIO (LOS)	DEMORAS EN LA INTERSECCIÓN (seg / veh)	TIEMPO DEL CICLO (seg)	NIVEL DE SERVICIO (LOS)	DEMORAS EN LA INTERSECCIÓN (seg / veh)
1	Jr. ABTAO - Jr. AGUILAR	-	-	-	64	C	21.79
2	Jr. ABTAO - Jr. AYACUCHO	53	B	18.6	64	C	20.02
3	Jr. ABTAO - Jr. HUÁNUCO	50	E	57.48	64	C	20.03
4	Jr. ABTAO - Jr. GENERAL PRADO	50	E	55.93	64	C	23.13
5	Jr. ABTAO - Jr. DAMASO BERAUN	50	C	24.16	64	C	22.98

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

IMAGEN N° 09 Demoras en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1.1. LONGITUD DE COLAS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS SIN PROYECTO Y CON PROYECTO ACTUAL 2019,

Se presentan los resultados:

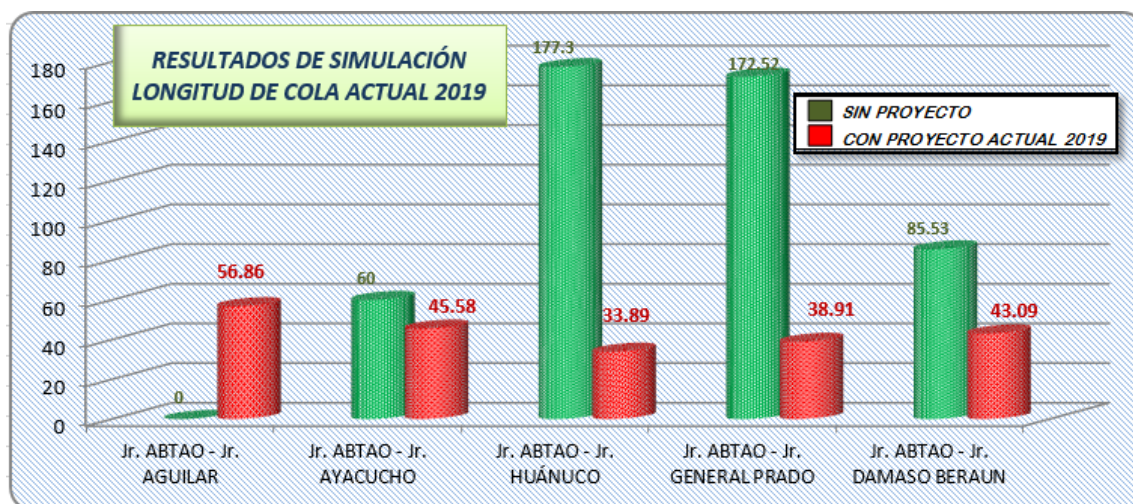
TABLA N° 60 Resumen de la simulación de Transito Longitud de Colas Sin proyecto y Con Proyecto Actual 2019

N°	INTERSECCION	RESULTADOS DE SIMULACION VISSIM 11.00 (SIN PROYECTO)		RESULTADOS DE SIMULACION VISSIM 11.00 (CON PROYECTO ACTUAL 2019)		PORCENTAJE DE REDUCCION DE LONGITUD DE COLAS
		DEMORAS EN LA INTERSECCIÓN (seg / veh)	LONGITUD DE COLAS	DEMORAS EN LA INTERSECCIÓN (seg / veh)	LONGITUD DE COLAS	
1	Jr. ABTAO - Jr. AGUILAR	-	-	21.79	56.86	-
2	Jr. ABTAO - Jr. AYACUCHO	18.6	60	20.02	45.58	24.03%
3	Jr. ABTAO - Jr. HUÁNUCO	57.48	177.3	20.03	33.89	80.89%
4	Jr. ABTAO - Jr. GENERAL PRADO	55.93	172.52	23.13	38.91	77.45%
5	Jr. ABTAO - Jr. DAMASO BERAUN	24.16	85.53	22.98	43.09	49.62%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA – VISSIM 11.00

Se reducen las Longitudes de Colas en todas las Intersecciones Semaforizadas, hasta en un 80.89%.

IMAGEN N° 10 Longitud de Colas en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto Actual 2019



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos reflejados en una simulación de Tráfico; se logrará reducir la demora por vehículo y optimizar el Nivel de Servicio; en las Intersecciones Semaforizadas en el Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco, determinando así la alternativa óptima de semaforización.

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se observó en las Tablas N° 59, 60 e Imágenes N° 09 y 10, que Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos (efecto ola verde) reflejados en una simulación de Trafico; se logra reducir la demora por vehículo y la longitud de cola optimizando así el Nivel de Servicio en las Intersecciones Semaforizadas en el Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco; por lo que se recomienda la aplicación de las Alternativas con Proyecto 2019.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a. El aforo vehicular para el tramo en estudio muestra que el Jr. Abtao es una de las principales vías con mayor flujo vehicular de la ciudad. Las horas de máxima demanda vehicular por la mañana es de 08 horas a 09 horas, por la tarde de 13 horas a 14 horas y por la noche de 19 horas a 20 horas en las Intersecciones del Jr. Abtao cuadras 5, 6,7 y 8 de la ciudad de Huánuco.
- b. Se constata que el tiempo de los ciclos de los semáforos actuales no tienen una sincronización entre ellas (Figura N°15), por lo que se requiere una optimización de los ciclos de los semáforos a 60 segundos, a través del efecto ola verde con un desfase de 14 segundos.
- c. Se requiere de la Instalación de Semáforo en el Jr. Aguilar (Tabla N°37) y un constante mantenimiento de las ya existentes en cada una de las Intersecciones del área en estudio del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco.

- d. Con la Semaforización Coordinada de Semáforos mediante el efecto de ola verde se logra reducir las demoras, lográndose minimizar las demoras a 20.02 segundos, reduciendo así los tiempos de viaje en las Intersecciones del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco. También se logra reducir las Longitudes de Colas de 177.30 m a 33.89 m (representa una reducción del 80.89 % de Longitud de Cola), Situación Con Proyecto Actual 2019, en las Intersecciones del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco.
- e. Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos (efecto de ola verde) reflejados en una simulación de Tráfico; se logra reducir la demora por vehículo y la longitud de cola de los diferentes modos de transporte, permitiendo así una mejora en el nivel de servicio de "E" a "C" en las intersecciones críticas (Jr. Huánuco y Jr. General Prado) de la ciudad de Huánuco.
- f. Los resultados mostrados son valores muy importantes y determinantes que justifican ampliamente el empleo de una Semaforización Coordinada (efecto ola verde) del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco.
- g. Se comprueba ampliamente la hipótesis del trabajo, a través de las variables e indicadores utilizados en la presente investigación.

RECOMENDACIONES

- a. Los Aforos vehiculares se deben de realizar en los días representativos de la semana lunes, martes y miércoles y en fechas en las se presenten mayor flujo vehicular.
- b. Se debe de realizar un estudio para la Instalación de Semáforos en cada una de las Intersecciones los cuales cumplan con los requisitos necesarios para establecer la necesidad de un semáforo.
- c. Realizar investigaciones en las Vías paralelas a la Vía Arterial del Jr. Abtao de la ciudad de Huánuco, para integrar la Semaforización Coordinada de Semáforos.
- d. Realizar un estudio y un análisis responsable para la sincronización en las intersecciones semaforizadas; fases y ciclo durante todo el día para poder determinar los Ciclos Óptimos de los semáforos en la ciudad de Huánuco.
- e. A las autoridades inmediatas solucionar los problemas de la infraestructura vial que se encuentra en mal estado y de prohibir los paraderos de colectivos en las intersecciones criticas (Jr. Huánuco y Jr. General Prado) así como de buses interprovinciales (expreso JARA Jr. Abtao cuadra 6) que son causantes que conllevan al congestionamiento vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrieu, M., & Galarraga, J. (2012). *Recomendaciones para la aplicación de la metodología del HCM para intersecciones semaforizadas*. Cordova, Cordova, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- American Association of State Highway and Transpor. (2004). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C.
- Box, P. C., & Oppenlander, J. C. (1985). *Manual de Estudio de Ingenieria de Transito*. Mexico.
- Cal y Mayor, A., & Rafael y Cárdenas, J. (2007). *Ingenieróa de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. México D.F, México, México: AlfayOmega.
- Cardenas Grisales, J. (2000). *Diseño Geometrico de Carreteras*. Colombia: Ecoe.
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2004). *Ingenieria de Transito y Carreteras*. Mexico: Cengage Learning Latin America.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería*. Mexico: Limusa Wiley.
- Ortiz, J. E., & Serrano, L. (Abril de 2006). Simulación del sistema de transporte público masivo. *Ingeniería e Investigación*, 26(1), 51-57.
- Romero, W., Hernandez, J. T., Ibarra, J. C., & Ordoñez, S. (2009). Plataforma de Simulacion y Visualizacion para el Apoyo al Analisis y Toma de Decisiones en Proyectos de Movilidad Urbana. *Revista de Ingenieria, Universidad de los Andes*, 52-58.
- Secretaria de Desarrollo Social. (2002). *Manuales de Estudio de Ingenieria de Transito, Tomo XII*. Mexico: SEDESOL.

- Torres Vargas, G., & Perez Sanches, J. A. (2002). *Metodos de Asignacion de Transito en Redes Regionales de Carreteras: Dos Alternativas de Solucion*. Mexico: Sanfandila .
- Transportation Research Board. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Madrid, España.
- Valencia Alaix, V. (2000). *Principios Sobre Semaforos*. Colombia, Medellin:: Facultad Nacional de Minas.
- Webster, F. V., & Cobbe, B. M. (1966). *Traffic Signal*. London, England: Her Majesty's Stationery Office.

ANEXOS

ANEXO 1: PLAN DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAFICO
VEHICULAR DEL JR.ABTAO CUADRAS 5, 6, 7 Y 8 DE LA CIUDAD DE
HUÁNUCO - 2019”**

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

TESISTA: Bachiller en ingeniería civil Bryan Gersonn Chamorro Durand

ASESOR: Ing. Jorge L. Meyzan Briceño

HUÁNUCO – PERÚ

2019

INDICE

I. GENERALIDADES	212
1.1 Título de la investigación	212
1.2 Tesista.....	212
1.3 Asesor	212
1.4 Fecha de inicio y fecha probable de término.....	212
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	213
2.1 Antecedentes y fundamentos del problema	213
2.2 Formulación del problema.....	214
2.1.1 Problema General	214
2.3 Objetivos: Generales y Específicos	215
2.3.1 Objetivo general.....	215
2.4 Justificación e importancia.....	216
III. MARCO TEORICO	218
3.1 Revisión de estudios realizados.....	218
3.1.1 A nivel internacional.....	218
3.2 Conceptos fundamentales	222
IV. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES	226
4.1 Hipótesis.....	226
4.2 Sistema de Variables, dimensiones e indicadores.....	226
4.2.1 Variable Independiente	226
V. MARCO METODOLÓGICO	229
5.1 Tipo y Nivel de Investigación.....	229
5.1.1 Enfoque y Tipo de Investigación	229
5.2 Diseño de la Investigación	229
5.3 Esquema de la Investigación.....	229
5.4 Metodología de la investigación	230

VI. UNIVERSO, POBLACION Y MUESTRA	231
6.1 Determinación del Universo/ Población	231
6.2 Selección de la Muestra	231
VII. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS	232
7.1 Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	232
7.2 Procesamiento y presentación de datos.....	233
VIII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES	234
8.1 Recursos humanos	234
8.2 Recursos materiales	234
8.3 Recursos financieros	234
8.4 Costos	234
8.5 Cronograma de Acciones	235
IX. BIBLIOGRAFÍA	236
X. ANEXOS	24

I. GENERALIDADES

1.1 Título de la investigación

Propuesta de optimización del nivel de servicio del tráfico vehicular del jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco – 2019.

1.2 Tesista

Bach. Bryan Gersonn Chamorro Durand

1.3 Asesor

Ing. Jorge L. Meyzan Briceño

1.4 Fecha de inicio y fecha probable de término

Fecha de inicio : 04 de Abril del 2019

Fecha de término : 27 de Septiembre del 2019

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes y fundamentos del problema

Las intersecciones semaforizadas representan un factor clave en la composición de las demoras en la trama urbana. Es por eso que resulta importante definir con la mayor precisión posible el servicio que brinda este tipo de infraestructura y el impacto que tendrían determinadas modificaciones sobre el mismo. El cálculo de capacidad y nivel de servicio se determina en función de la relación demanda y oferta. La oferta depende del tiempo de verde efectivo y de la tasa de flujo de saturación, la que a su vez se calcula a partir de factores de corrección por falta de condiciones ideales.

Desde hace varios años el grupo de trabajo ha venido realizando estudios relacionados con la adaptación de modelos de tránsito y transporte a las características propias de circulación en nuestra realidad, con el objetivo de poder estimar más adecuadamente las medidas de eficiencia correspondiente a las condiciones locales. El trabajo presenta una breve descripción del procedimiento empleado en el HCM 2010 y sus principales diferencias con el HCM 2000, para luego referir los estudios realizados para estimar las correcciones necesarias para el flujo de saturación (factores de corrección por vehículos pesados, por peatones, por paradas de ómnibus y otros) en la ciudad de Córdoba. Finalmente se efectúan las recomendaciones consideradas pertinentes para permitir una mejor aplicación a las condiciones locales del tránsito. (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007)

Un hecho empírico, sobre el que existe consenso en la literatura, es que la congestión urbana es un problema propio de las ciudades que sobrepasan cierto tamaño, sean estas ciudades de países desarrollados o en vías de desarrollo. Donde las cosas son menos claras es en la manera de abordar el problema.

La programación de una flota de vehículos, en una ruta de transporte urbano de pasajeros, constituye un problema gerencial de elevada complejidad. En condiciones reales la flota es heterogénea y las líneas son diferentes entre sí, además de una demanda del servicio variable durante el día. En un nivel operacional, este problema consiste en realizar la programación de las unidades asignadas a una ruta específica durante el día y para un tiempo previamente determinado, tomándose en consideración la capacidad de cada vehículo, la demanda del servicio y el intervalo de tiempo de espera en el paradero.

La importancia del presente proyecto es desarrollar a través de sus diferentes etapas: análisis, diseño, programación e implementación, una micro simulación zonificada, para el apoyo a la toma de decisiones en el análisis de la mejor solución en la descongestión vehicular en una de las vías más importantes en la ciudad de Huánuco, y a la vez optimizar el servicio hacia los usuarios. Dicha micro simulación debido a su sencillez y eficacia pretende satisfacer las necesidades antes mencionadas a un costo asequible. (Albrieu & Galarraga, 2012)

2.2 Formulación del problema

2.1.1 Problema General

¿Cómo sincronizar adecuadamente los tiempos de ciclo de los semáforos en el Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?

2.1.2 Problemas Específicos

Problema específico N° 1.

¿Cuál es el volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?

Problema específico N° 2

¿Cuál es la capacidad de la vía en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?

Problema específico N° 3

¿Determinar los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?

2.3 Objetivos: Generales y Específicos**2.3.1 Objetivo general**

Sincronizar los tiempos de ciclo coordinados de las intersecciones semaforizadas mediante una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal de tráfico en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

2.3.2 Objetivos Específicos**Objetivo específico N° 1**

Cuantificar el volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

Objetivo específico N° 2

Determinar la capacidad de la vía en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

Objetivo específico N° 3

Determinar los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

2.4 Justificación e importancia

En lo práctico.

El control de la congestión vehicular forma parte de la elaboración de una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de la ciudad, que permita compatibilizar la movilidad, el crecimiento y la competitividad, tan necesaria actualmente. La forma más común de regular el tránsito es mediante semáforos. Una mala configuración en los semáforos y recursos económicos (cantidad de semáforos), dependiendo del lugar y la hora generara largas colas (es un fenómeno de espera), (Cal y Mayor & Rafael y Cárdenas, 2007) y demoras operacionales disminuyendo el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.

Por ello es importante realizar una sincronizar adecuada mediante una simulación de tránsito para reducir las demoras en el tiempo de viaje, beneficiando a los usuarios de red vial y a los usuarios de los diferentes modos de transporte.

En lo metodológico.

La metodología propuesta en el presente estudio cobra importancia por ser versátil, y podrá replicarse en otros puntos de la ciudad u otras ciudades de iguales características que la de Huánuco.

De los usuarios.

Los usuarios serán los interesados en consultar el presente estudio, replicar la metodología o de darse el caso, profundizar la línea de investigación propuesta.

De los beneficiarios.

Los beneficiarios serán las empresas de transporte, los vehículos particulares y todos los que circulen por la vía, ya que podrán circular en una vía con mayor nivel de servicio.

2.5 Limitaciones y alcance

Limitaciones Bibliográficas.

En este aspecto se encontró poca información local, para la cual se tomaron como referencia planteamientos a soluciones de flujo de tránsito de las ciudades consideradas con un óptimo sistema de transporte.

Con respecto a decretos y resoluciones emitidas por la autoridad local son muy pocas y para obtenerla nos resultaron un poco engorroso los trámites para obtenerlo.

Limitaciones de equipos de medición.

Para la medición de conteo vehicular no se cuentan con equipos de alta generación lo cual facilitarían la medición se optaron por realizarlo presencialmente el conteo como también tomar descripciones.

Limitaciones geográficas

En este aspecto se delimitara la investigación al jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

Limitación temporal

La investigación se hará para el periodo 2019

Limitaciones económicas

La investigación será costeadada en su totalidad por el tesista.

III. MARCO TEORICO

3.1 Revisión de estudios realizados

3.1.1 A nivel internacional

A nivel internacional se tienen los siguientes estudios;

La Municipalidad de Curitiba (Prefectura Municipal de Curitiba, 2014) en un estudio denominado “Modo operativo del sistema de Transporte en la ciudad de Curitiba” indica que el sistema de transporte público masivo en la ciudad de Curitiba es uno de los más eficientes del Brasil por los siguientes motivos;

Este sistema de transporte fue implantado en la década de los 70 con la preocupación de privilegiar el transporte en masa. Cerca de 1.9 millones de pasajeros son transportados diariamente con un grado de satisfacción del 89% de los usuarios, según Urbanización de Curitiba SA (URBS), empresa que gerencia el sistema.

Una de las ventajas que presenta este sistema es la tarifa integrada, pues esta permite transitar por toda la ciudad pagando un solo pasaje. Cada persona puede componer su propio recorrido ya que el sistema es integrado a través de terminales y estaciones tuvo.

Los terminales de autobús son puntos de integración y están localizados en los extremos de los ejes estructurales. Los usuarios que viven en las regiones vecinas llegan hasta uno de los 20 terminales existentes a través de “líneas alimentadoras”, de allí pueden escoger cualquier trayecto pagando una sola tarifa.

3.1.2 A nivel nacional

La (Secretaría Técnica del Consejo de Transporte, 2011), en una publicación realizada, denominada "Perfil de Tránsito en las Principales Cías del área Metropolitana de Lima Y Callao: Flujos Vehiculares (años 2004, 2009 y 2011) menciona lo siguiente;

La Secretaría Técnica del Consejo de Transporte Lima y Callao, cumpliendo con sus funciones establecidas y en su afán de proveer herramientas eficaces de gestión a las Municipalidades Provinciales de Lima y Callao, viene realizando la actualización de la Base de Datos de Encuestas de Tránsito y Transporte, la misma que servirá de base para la actualización de los Modelos de Transporte para el Área Metropolitana de Lima y Callao. Durante el presente año se levantó datos de aforos vehiculares y ocupación vehicular en los principales ejes viales de Lima y Callao; de modo tal que permitió comparar el nivel de variación de los flujos vehiculares y ocupación vehicular entre los años 2004 (año base del PMTU), 2009 (levantado por la ST-CTLTC) y actualizado a la fecha.

Y se traza los siguientes objetivos;

Objetivo General

Determinar el comportamiento del flujo vehicular en las principales vías del Área Metropolitana de Lima y Callao durante el año 2011 y una evolución de su comportamiento en los años 2004 y 2009.

Objetivos Específicos

- a) Cuantificar la demanda del tránsito vehicular que pasa por una sección transversal (29 puntos) o intersección (11 puntos) de una vía durante un periodo determinado (28 puntos de 3 turnos / día y 12 puntos de 1 turno / día) en el año 2011.

- b) Analizar el nivel de variación de los flujos vehiculares en los 40 puntos evaluados entre los años 2004 (año base del PMTU), 2009 y 2011 (levantado por la ST-CTLC).
- c) Analizar el nivel de variación de los flujos vehiculares en los principales 10 ejes del Área Metropolitana de Lima y Callao entre los años 2004 (año base del PMTU), 2009 y 2011 (levantado por la ST-CTLC) y 2011.

El FONAM PROTRANSPORTE realizó el año 2015 el siguiente documento “estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima”, con los siguientes objetivos y conclusiones;

Este proyecto intenta resumir un estudio para la consolidación del sistema integrado de transporte público de Lima, desarrollado entre los meses de septiembre 2009 y julio 2010 por el consorcio Getinsa – Taryet – Geoconsult para Pro transporte (Municipalidad Metropolitana de Lima) y FONAM con financiamiento del Banco Mundial.

El informe final del proyecto recoge los entregables según la estructura del proyecto planteada en los términos de referencia; así, este resumen va a trascender de esa estructura para presentar los hitos fundamentales del mismo, independientemente de su ubicación en la lista formal de tareas.

Se pretende entonces seguir una secuencia más simple, pasando de las herramientas presentadas a las fases inmediatas (selección del espacio de intervención y desarrollo del corredor a implementar), para finalmente abordar los planteamientos de futuro y las acciones a desarrollar en esa línea.

3.1.3 A nivel local

A nivel local se tienen los siguientes estudios; (Dominguez, 2015) En su tesis titulada “El transporte terrestre en la ciudad de Huánuco” se plantea la siguiente problemática;

Si bien es cierto nuestra ciudad de Huánuco, en la actualidad tiene un sistema de transporte terrestre no eficiente, es decir no es la adecuada, debido a esto se producen una serie de propiedades emergentes ya sea como accidentes de tránsito, caos vehicular, tráfico vehicular, contaminación ambiental y otros relacionados con la misma.

Realizando un vistazo general al panorama de nuestra ciudad de Huánuco, fácilmente podemos notar que hay un incremento considerable del número de los vehículos motorizados y de la población; esto se debe a muchos factores, las cuales son objetivo de estudio del grupo.

Cuando se habla de un sistema de transporte terrestre no eficiente, estamos hablando de que este sistema no se adecua a los constantes cambios que se le presenta su contexto en la cual se desarrolla dicho sistema teniendo como base a esta concepción se identificó y se determinó que nuestra ciudad de Huánuco tiene un problema, la cual es, el sistema de transporte terrestre de nuestra ciudad de Huánuco no es eficiente.

Y, en función a esta problemática se traza los siguientes objetivos;

OBJETIVO GENERAL

Estudio del transporte terrestre en la ciudad de Huánuco basado en la Dinámica de Sistemas

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el transporte en la ciudad de Huánuco.
- Construir el modelo actual basado en la dinámica de Sistemas del transporte terrestre.
- Construir el modelo propuesto o de mejora para el sistema de transporte en la ciudad de Huánuco.

3.2 Conceptos fundamentales

3.2.1 Ingeniería de tránsito

Se define como la ciencia que trata de dar respuesta a los diferentes problemas que enfrenta el hombre en su rutina diaria, estudiando la interrelación entre los elementos de tránsito.

En el caso específico de la ingeniería de tránsito es la encargada de los problemas de la movilidad ya sea construyendo vías donde antes no existía, levantando puentes para salvar obstáculos, drenando lechos de río para hacerlo navegables o diseñando sistemas de control vehicular en las intersecciones diseñando una o más vías de una ciudad para atender el paso simultáneo de corrientes de tráfico frecuentemente congestionadas.

Simulación.

Simulación implica crear un modelo que aproxima cierto aspecto de un sistema del mundo real y que puede ser usado para generar historias artificiales del sistema, de forma tal que nos permite predecir cierto aspecto del comportamiento del sistema.

En particular, usaremos computadoras para imitar comportamientos de los sistemas evaluando numéricamente un modelo del mismo. Estas evaluaciones numéricas son las que nos permite generar las historias artificiales que no son más que experimentos.

Niveles de servicio

Para medir la calidad de flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y pasajeros.

Modelo

Para medir la calidad de flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y pasajeros

3.2.2 Semaforización

La terminología básica de la semaforización del tráfico es descrita a continuación:

Ciclo.- Secuencia completa de indicación de semáforo.

C.- Duración de ciclo: duración total de tiempo de semáforo que completan un ciclo, está dado en segundos y su símbolo es C.

Intervalo.- Periodo de tiempo durante el cual las indicaciones del semáforo permanecen constantes.

Fase.- Es la parte del ciclo asignada a una combinación de movimiento de tráfico.

Intervalo de cambio y limpieza.- Es el intervalo de señales amarillo mas todo rojo que ocurre entre fases, para proveer de limpieza en la intersección antes de que los movimientos de conflicto se realicen, está dado en segundos y su símbolo es Y.

Tiempo de verde.- Es el tiempo dentro de una fase, durante el cual el indicador muestra verde, está dado en segundos y su símbolo es g.

Tiempo perdido.- Es el tiempo durante el cual la intersección no es efectivamente usada por algún movimiento, lo cual ocurre dentro del intervalo de cambio y limpieza (cuando la intersección está limpia) y en el comienzo de cada fase cuando los primeros vehículos de la fila inician la marcha experimentan demoras en el arranque, su símbolo es l.

3.3 Marco Situacional

En la actualidad los estudios realizados a nivel de tránsito vehicular son muy escasos por lo cual se tiene esta deficiencia de caos vehicular en los jirones principales y ligada también a la mala señalización existente en todo el entorno de las vías principales.

El tráfico vehicular de la zona urbana de Huánuco se ha convertido en un desorden total debido a la informalidad reinante, pues los conductores de los vehículos principalmente de los vehículos menores, no cuentan con la respectiva autorización de circulación otorgada por la Municipalidad Provincial, sus conductores, carecen de licencia para conducir y muchos de ellos, resultan ser menores de edad, aun mas, algunas zonas de gran fluido vehicular y peatonal, carecen de semáforos, lo cual pone en grave riesgo la seguridad pública de la ciudadanía huanuqueña.

3.4 Definición de términos básicos

Hombre:- El hombre por ser sujeto de la acción, puede considerarse como el principal elemento ya sea como conductor de un vehículo, pasajero en el mismo, o como peatón haciendo uso de la vía pública. El papel de mas importante desde la óptica de la ingeniería de tránsito, es como conductor de una unidad vehicular, ya que en sus manos, en su experiencia y en su pericia para ejecutar maniobras en el tránsito, radica la integridad física de muchas personas.

Vehículo.- Es la tecnología propia de cada sistema de transporte a través de la cual se ejecuta trasladarse de un lugar a otro. Cada día se diseñan vehículos con motores más potentes con mayor aceleración, sistemas y accesorios que los convierten en más seguros, en beneficio de sus usuarios y ocupantes.

Capacidad.- Es el máximo volumen horario de tránsito que puede de manera razonable circular por un punto o una sección de una carretera bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular.

Densidad.- Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por km.

Espaciamiento.- Distancia entre dos vehículos sucesivos.

Factor de hora pico (FHP).- Es el volumen de la hora de máxima demanda horaria, dividido entre el flujo de 15min. De la hora de máxima demanda.

Intervalo de tiempo.- Es el tiempo transcurrido entre el paso de dos vehículos sucesivos, por un punto determinado.

Tiempo de viaje.- Periodo de tiempo durante el cual un vehículo recorre un determinado espacio de vía, e incluye los tiempos de parada.

Velocidad.- Es la relación existente entre el espacio recorrido por un vehículo "D", y el tiempo en recorrerlo

Velocidad Directriz.- Es la velocidad seleccionada para fines del proyecto, de la cual se derivan los valores mínimos de determinadas características físicas y geométricas de la carretera. Normalmente es la velocidad con que un vehículo puede ser recorrido un trecho de vía con seguridad, cuando el vehículo estuviese sometido a las condiciones geométricas de la carretera.

Velocidad de flujo libre.- Es la velocidad media de los vehículos cuando presentan volúmenes bajos de tráfico, y no hay imposición de restricciones de sus velocidades, ni por interrupción vehicular ni por regulación del tráfico.

Volumen de tráfico.- Número de vehículos que pasan por una sección de vía o un carril durante una unidad de tiempo. Puede ser una hora, día, una semana o un mes o un año.

IV. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES

4.1 Hipótesis

Hipótesis General

Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos aplicando simulación de tráfico; se lograra reducir la demora por vehículo y optimizar el nivel de servicio; en las intersecciones semaforizadas del Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

4.1.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica Nº 1

El volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, es alto.

Hipótesis específica Nº 2

La capacidad de la vía en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, es baja.

Hipótesis específica Nº 3

Los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, no son sincronizados.

4.2 Sistema de Variables, dimensiones e indicadores

4.2.1 Variable Independiente

Micro simulación del tránsito vehicular

4.2.2 Variable dependiente

Nivel de servicio de una intersección con semáforos.

4.2.3 Dimensiones

De la variable independiente;

- Volumen por cada modo de transporte
- Capacidad de la vía
- Tiempos de ciclos

De la variable dependiente;

- Nivel C

4.2.4 Indicadores

Los indicadores se detallan en el cuadro de operacionalidad de variables.

4.3 Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores

La definición operacional de las variables se precisa en el siguiente cuadro

Cuadro N° 2. Operacionalidad de las variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Micro simulación del tránsito vehicular</p>	<p>Los sistemas de simulación microscópica de tráfico tratan de describir con gran nivel de detalle tanto el entorno de simulación (escenarios que se desea simular) como el modo de comportamiento de los vehículos en distintas situaciones.</p>	Volumen de vehículos por cada modo de transporte	Número de vehículo por cada modo
		Demora de tiempos de viaje	Segundos de demora
		Cantidad de vehículos en un determinado tiempo	Número de vehículos por unidad de tiempo
<p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Nivel de servicio de la intersección</p>	<p>Es el ratio que mide el beneficio obtenido de cierto producto realizado, en relación a los recursos gastados por la empresa para producirlo</p>	Nivel C	Nivel de servicio

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Tipo y Nivel de Investigación

5.1.1 Enfoque y Tipo de Investigación

La presente investigación tiene un enfoque Cuantitativo, porque según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2013, p. 4); tiene la siguiente característica principal; *“Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación”*.

Además, ésta es una investigación de tipo aplicada no experimental, también conocida como investigación Ex Post Facto, término que proviene del latín y significa después de ocurridos los hechos. En la investigación Ex Post Facto los cambios en la variable independiente ya ocurrieron y el investigador tiene que limitarse a la observación de situaciones ya existentes dada la incapacidad de influir sobre las variables y sus efectos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2013).

5.1.2 Nivel de Investigación

Esta investigación tiene el nivel de relacional, ya que según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2013, p. 93), *“Este tipo de estudiosos tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categoría o variables en una muestra o contexto en particular”*. Y en este caso la relación estudiada es entre el ciclo de la semaforización y el nivel de servicio.

5.2 Diseño de la Investigación

Ésta es una investigación no-experimental, además la toma de datos será en una sola ocasión, por lo tanto el diseño será transversal - relacional, con el siguiente esquema;

5.3 Esquema de la Investigación

Se recolectan datos X_i y se describe la relación con Y_i , con el siguiente esquema;

X_1	-----	Y_1
X_2	-----	Y_2
X_3	-----	Y_3

Porque; *“Los diseños relacionales no causales, pueden limitarse a establecer relaciones entre las variable sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2013, p. 157)

5.4 Metodología de la investigación

De acuerdo al diseño de la investigación en primer término se hará el levantamiento de datos referente al volumen de vehículos que circulan por el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, para ello se harán aforos en cada intersección durante 14 días las 24 horas del día, también se medirá la capacidad de la vía entre estas dos intersecciones, con esta data se hallara el actual nivel de servicio de la vía en estudio, asociado a la sincronización de los semáforos existentes, y luego con la modelación se determinará nuevos ciclos de manera tal que se eleve el nivel de servicio actual de la vía.

VI. UNIVERSO, POBLACION Y MUESTRA

6.1 Determinación del Universo/ Población

Universo

El universo se componen por todos las cuadras del jirón Abtao de la ciudad de Huánuco.

Población.

La población está constituida por las cuadras del jirón Abato cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.

6.2 Selección de la Muestra

La selección de la muestra fue hecha por el metodología No probabilística, esto por el alcance del estudio, para ello se eligió como muestra el jirón Abato cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, esta elección fue hecha a discreción y por conveniencia del autor de la investigación, con el considerando de que “ *Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación.....*”

(Hernández, Fernández, & Baptista, 2013, p. 189)

VII. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

7.1 Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la recolección de datos se usarán las siguientes fuentes;

Fuentes primarias:

- Datos de conteo vehicular, Medición insitu de las vías principales donde se genera la congestión vehicular en horas punta.
- Toma de tiempo de los cambios de señal en los semáforos de las vías con congestión vehicular.
- Medición del estado y geometría de las vías más congestionadas.
- Conocer las vías más utilizados de transporte de los moto taxis.
- Identificar y diagnosticar los elementos de señalización vertical y horizontal.

Fuentes Secundarias: Libros, revistas, manuales, normas, material electrónico.

- Las técnicas e instrumentos a emplear serán:
- Revisión bibliográfica
- Catastro de la provincial de Huánuco
- Encuesta a los pobladores acerca del comportamiento histórico del flujo vehicular en la ciudad de Huánuco.

Recolección de datos del área de transito ubicada en la municipalidad de Huánuco.

7.2 Procesamiento y presentación de datos

- Procesamiento de datos con herramientas digitales como el Word, Excel, etc.
- Modelación en software HCM 2010 para ingeniería de tránsito.
- La presentación se realizara con una respectiva memoria descriptiva, con datos de conteo vehicular en horas punta, medición de vías principales, ubicación de las zonas en pésimo estado de las vías, planos de los planteamientos que se deben realizar en las vías principales de la ciudad de Huánuco.

VIII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES

8.1 Recursos humanos

Se contara con el aporte del tesista, el asesor y el apoyo de un grupo de profesionales especialistas en el tema de la presente tesis.

8.2 Recursos materiales

Entre estos tenemos principalmente herramientas como el distancio metro, odómetro, materiales de laboratorio, cámara fotográfica, y para el procesamiento de datos en gabinete tendremos la utilización de la computadora impresora y útiles de escritorio.

8.3 Recursos financieros

Los recursos económicos necesarios para la elaboración del presente estudio serán financiados en su totalidad por el tesista con sus recursos propios.

8.4 Costos

BIENES	S/.1,700.00
Compra de Bibliografía	S/.600.00
Papel, útiles de escritorio	S/.700.00
Tinta de Impresión	S/.200.00
Otros	S/.200.00
SERVICIOS	S/.10,800.00
Trabajos de campo	S/.10,000.00
Movilidad local	S/.500.00
Refrigerio en campo	S/.300.00
IMPREVISTOS	S/.500.00
TOTAL GENERAL	S/.13,000.00

IX. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Albrieu, M., & Galarraga, J. (2012). *Recomendaciones para la aplicación de la metodología del HCM para intersecciones semaforizadas*. Cordova, Cordova, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Cal y Mayor, A., & Rafael y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. México D.F, México, México: AlfayOmega.
- Dominguez, C. (2015). *El Transporte terrestre en la ciudad de Huánuco*. Huánuco, Huánuco, Perú: Universidad de Huánuco.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2013). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Ortíz, J., & Serrano, L. (2006). Simulación del sistema de transporte público masivo. *Ingeniería e Investigación* , 26 (1), 51-57.
- Prefectura Municipal de Curitiba. (2014). *Modo operativo del sistema de transporte en la ciudad de Curitiba*. Curitiba: Municipalidad de Curitiba.
- Secretaría Técnica del Consejo de Transporte. (2011). *Perfil de Tránsito en las Principales Vías del área Metropolitana de Lima y Callao: Flujos Vehiculares (años 2004,2009 y 2011)*. Municipalidades de Lima y del Callao, Lima. Lima: Secretaría Técnica del Consejo de Transporte de Lima y callao.
- Universidad de Los Andes. (Mayo de 2009). Revista de Ingeniería. *Revista de Ingeniería* .

X. ANEXOS.

Matriz de Consistencia

PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRÁFICO VEHICULAR JR.ABTAO CUADRAS 5, 6, 7 Y 8 DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2019"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>GENERAL</p> <p>¿Cómo sincronizar adecuadamente los tiempos de ciclo de los semáforos en el Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco de la ciudad de Huánuco?</p> <p>Problema específico N° 1.</p> <p>¿Cuál es el volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?</p> <p>Problema específico N° 2</p> <p>¿Cuál es la capacidad de la vía en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?</p> <p>Problema específico N° 3</p> <p>¿Cuáles son los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Sincronizar los tiempos de ciclo coordinados de las intersecciones semaforizadas mediante una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal de tráfico en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.</p> <p>Objetivo específico N° 1</p> <p>Cuantificar el volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.</p> <p>Objetivo específico N° 2</p> <p>Determinar la capacidad de la vía en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.</p> <p>Objetivo específico N° 3</p> <p>Determinar los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.</p>	<p>GENERAL</p> <p>Mediante una sincronización adecuada de los tiempos de ciclo coordinados de los semáforos aplicando simulación de tráfico; se lograra reducir la demora por vehículo y optimizar el nivel de servicio; en las intersecciones semaforizadas del Jr. Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco.</p> <p>Hipótesis específica N° 1</p> <p>El volumen del tránsito de los diferentes modos de transporte en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, es alto.</p> <p>Hipótesis específica N° 2</p> <p>La capacidad de la vía en el jirón cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, es baja.</p> <p>Hipótesis específica N° 3</p> <p>Los tiempos de ciclos de los semáforos en el jirón Abtao cuadras 5, 6, 7 y 8 de la ciudad de Huánuco, no son sincronizados.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Micro simulación del tránsito vehicular (Volumen por modos de transporte, Tiempos de ciclos, capacidad de la vía).</p> <p>DEPENDIENTE</p> <p>Nivel de servicio de una intersección con semáforos.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <p>Cuantitativo: Se cuantificara y medirán las variables.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACION:</p> <p>Explica el comportamiento de la variable dependiente en función de las variables independientes; es un estudio de relación. Causa - efecto.</p>

ANEXO 02: PANEL FOTOGRAFICO

Anexo 2.1 – fotografía aérea con DRON del Jr. Abtao.



Anexo 2.2 – fotografía aérea con DRON del Jr. Abtao



Anexo 2.3 – fotografía de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar.



Anexo 2.4 – fotografía de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho.



Anexo 2.5 – fotografía de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco.



Anexo 2.6 – fotografía de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. General Prado.



Anexo 2.7 – fotografía de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun.



Anexo 2.8 – fotografía aérea de la intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun.



ANEXO 02: AFORO VEHICULAR EN HORAS DE MAXIMA DEMANDA

AFORO VEHICULAR EN LAS HORAS DE MAXIMA DEMANDA EN LA INTERSECCION DEL JR. ABTAO Y JR. AGUILAR

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019									
SENTIDO		Directo → A12		Giro ↗ A11		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR				A1					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
08 A	D	12	235	154	10	4	0	6	2	588	
09 G	G	8	38	115	2	0	0	2	0		
13 A	D	59	241	125	23	8	4	8	0	737	
14 G	G	27	81	141	12	6	1	1	0		
19 A	D	149	266	189	17	27	5	5	0	992	
20 G	G	101	159	45	20	4	3	1	1		









DIA Y FECHA		MIERCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS							
SENTIDO		Directo → A12		Giro ↗ A11		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR				A1							
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL			
						PICK UP	RURAIL COMBI						
DIAGRA. VEH.													
8 A	D	18	265	287	6	6	1	4	1	902			
9 G	G	9	145	154	2	3	0	1	0				
13 A	D	28	301	256	8	8	1	6	0	819			
14 G	G	12	112	78	1	3	1	4	0				
19 A	D	36	198	125	8	15	2	1	0	679			
20 G	G	17	165	101	3	6	2	0	0				









DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS							
SENTIDO		Directo → A12		Giro ↗ A11		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR				A1							
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL			
						PICK UP	RURAIL COMBI						
DIAGRA. VEH.													
8 A	D	18	165	289	6	9	2	6	1	717			
9 G	G	6	89	111	8	3	0	3	1				
13 A	D	27	173	103	12	12	0	5	1	529			
14 G	G	14	89	78	6	5	2	2	0				
19 A	D	21	201	125	8	15	0	3	1	550			
20 G	G	11	86	62	5	8	0	2	2				









DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND				
SENTIDO		Directo → A21		Giro ↻ A22							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR			A2						
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
07	D	58	162	125	12	30	2	1	0	687	
A	↓										
08	G	38	129	98	2	28	2	0	0		
15	D	125	168	101	16	16	4	1	0	727	
A	↓										
16	G	27	152	85	10	18	3	1	0		
19	D	61	154	52	10	12	1	1	0	433	
A	↓										
20	G	21	76	29	5	8	2	1	0		

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND				
SENTIDO		Directo → A21		Giro ↻ A22							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR			A2						
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
7	D	65	289	210	12	42	1	1	2	945	
A	↓										
8	G	25	151	125	6	15	1	1	0		
15	D	61	205	69	51	33	1	2	0	672	
A	↓										
16	G	21	162	32	18	16	1	0	0		
19	D	29	251	112	32	18	2	1	0	671	
A	↓										
20	G	15	135	59	12	5	0	0	0		

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND				
SENTIDO		Directo → A21		Giro ↻ A22							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR AGUILAR			A2						
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
7	D	68	269	125	15	21	2	2	1	825	
A	↓										
8	G	25	158	112	10	15	1	1	0		
15	D	68	215	165	6	16	1	0	0	779	
A	↓										
16	G	32	158	84	8	25	0	1	0		
19	D	69	178	64	6	19	0	0	0	535	
A	↓										
20	G	45	86	52	4	12	0	0	0		

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → B21			Giro ↗ B22					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. 28 DE ABTAO Y JR. AYACUCHO			B2					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
08	D	66	162	135	8	41	2	0	0	774
09	G	51	142	132	5	29	1	0	0	
12	D	70	298	48	6	17	1	1	0	816
13	G	39	293	32	7	4	0	0	0	
19	D	82	212	62	8	16	1	0	0	612
20	G	68	125	29	4	5	0	0	0	

DIA Y FECHA		MIERCOLES 17 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → B21			Giro ↗ B22					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. AYACUCHO			B2					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
8	D	23	179	19	4	6	2	0	0	469
9	G	21	164	35	6	7	1	2	0	
12	D	68	216	43	7	9	0	1	0	683
13	G	50	236	36	4	7	6	0	0	
19	D	78	192	34	4	8	3	1	0	657
20	G	73	212	30	2	15	2	3	0	

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → B21			Giro ↗ B22					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. AYACUCHO			B2					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
8	D	31	197	24	8	3	1	0	0	480
9	G	25	149	21	6	7	3	0	0	
12	D	82	240	30	8	13	4	0	0	652
13	G	35	209	19	4	5	2	1	0	
19	D	37	146	17	2	2	1	0	0	436
20	G	44	161	16	2	7	1	0	0	

AFORO VEHICULAR EN LAS HORAS DE MAXIMA DEMANDA EN LA INTERSECCION DEL JR. ABTAO Y JR. HUANUCO

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND	
SENTIDO		Directo → C12		Giro ↗ C11							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C1					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
09	D	127	283	246	21	21	1	4	0	910	
10	G	52	96	45	7	5	2	0	0		
12	D	157	328	268	14	24	3	10	1	1048	
13	G	72	126	36	2	6	0	1	0		
19	D	248	355	189	29	25	2	9	0	1237	
20	G	112	201	39	20	3	4	1	0		

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND	
SENTIDO		Directo → C12		Giro ↗ C11							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C1					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
9	D	140	412	263	32	17	6	8	1	1113	
10	G	50	115	50	14	4	1	0	0		
12	D	172	393	244	38	15	3	3	0	1065	
13	G	50	103	34	6	3	1	0	0		
19	D	209	319	158	38	22	2	9	0	1109	
20	G	95	185	52	15	2	1	2	0		

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND	
SENTIDO		Directo → C12		Giro ↗ C11							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C1					
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
9	D	137	396	269	28	16	7	6	1	1038	
10	G	32	97	41		1	0	0	0		
12	D	189	465	206	33	11	1	8	0	1193	
13	G	60	160	42	11	6	1	0	0		
19	D	223	388	186	48	17	4	10	0	1181	
20	G	87	165	41	11	1	0	0	0		

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND		
SENTIDO		Directo → C21		Giro ↗ C22						
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C2				
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
09 A	D	76	299	57	4	5	2	1	1	679
	G	42	145	38	0	9	0	0	0	
12 A	D	94	482	63	5	15	4	2	0	1004
	G	51	222	47	4	14	0	1	0	
19 A	D	132	154	177	36	28	2	4	0	918
	G	95	187	51	35	15	2	0	0	

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND		
SENTIDO		Directo → C21		Giro ↗ C22						
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C2				
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
9 A	D	59	358	74	4	10	2	0	0	717
	G	27	151	26	6	0	0	0	0	
12 A	D	97	443	56	5	9	2	3	0	723
	G	48	23	23	5	7	1	1	0	
19 A	D	99	304	72	2	7	4	0	0	693
	G	44	129	21	4	7	0	0	0	

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND		
SENTIDO		Directo → C21		Giro ↗ C22						
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y HUANUCO				C2				
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
9 A	D	84	338	80	4	12	3	3	0	771
	G	41	177	17	6	8	0	1	0	
12 A	D	107	397	69	6	13	1	4	0	858
	G	29	190	31	6	4	1	0	0	
19 A	D	148	306	97	7	9	3	0	0	778
	G	50	124	22	3	7	2	0	0	

AFORO VEHICULAR EN LAS HORAS DE MAXIMA DEMANDA EN LA INTERSECCION DEL JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019									
SENTIDO		Directo → D11		Giro ↻ D12		BACH. ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND					
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES	TOTAL	
DIAGRA. VEH.						PICK UP	RURAIL COMBI				
08	D	135	326	392	2	13	2	10	1	967	
09	G	5	54	24	0	3	0	0	0		
12	D	144	238	210	5	30	2	10	0	688	
13	G	19	19	3	1	5	0	2	0		
19	D	125	135	158	8	32	5	3	0	521	
20	G	12	12	21	4	4	1	1	0		

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS							
SENTIDO		Directo → D11		Giro ↻ D12		BACH. ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO											
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES	TOTAL			
DIAGRA. VEH.						PICK UP	RURAIL COMBI						
8	D	82	364	316	7	17	1	10	1	838			
9	G	6	22	7		2	1	1	0				
12	D	128	302	248	8	33	5	10	0	787			
13	G	16	18	7	1	7	2	2	0				
19	D	188	416	317	3	28	0	2	0	986			
20	G	11	11	5	0	3	2	0	0				

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS							
SENTIDO		Directo → D11		Giro ↻ D12		BACH. ING. BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND							
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO											
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES	TOTAL			
DIAGRA. VEH.						PICK UP	RURAIL COMBI						
8	D	16	159	236	4	6	0	4	2	634			
9	G	5	80	118	2	1	0	1	0				
12	D	25	184	103	5	8	0	4	1	518			
13	G	13	80	90	2	3	0	0	0				
19	D	20	179	103	3	7	0	3	1	454			
20	G	9	69	59	0	1	0	0	0				

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → D21		Giro ↻ D22		D2				
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO								
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
08	D	66	162	135	8	41	2	0	0	774
09	G	51	142	132	5	29	1	0	0	
12	D	70	298	48	6	17	1	1	0	816
13	G	39	293	32	7	4	0	0	0	
19	D	82	212	62	8	16	1	0	0	612
20	G	68	125	29	4	5	0	0	0	

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → D21		Giro ↻ D22		D2				
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO								
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
8	D	23	179	19	4	6	2	0	0	469
9	G	21	164	35	6	7	1	2	0	
12	D	68	216	43	7	9	0	1	0	683
13	G	50	236	36	4	7	6	0	0	
19	D	78	192	34	4	8	3	1	0	657
20	G	73	212	30	2	15	2	3	0	

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019			HORAS MAXIMAS		BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
SENTIDO		Directo → D21		Giro ↻ D22		D2				
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y JR. GENERAL PRADO								
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL
						PICK UP	RURAIL COMBI			
DIAGRA. VEH.										
8	D	31	197	24	8	9	1	0	0	480
9	G	25	149	21	6	7	3	0	0	
12	D	82	240	30	8	13	4	0	0	652
13	G	35	209	19	4	5	2	1	0	
19	D	37	146	17	2	2	1	0	0	436
20	G	44	161	16	2	7	1	0	0	

FORO VEHICULAR EN LAS HORAS DE MAXIMA DEMANDA EN LA INTERSECCION DEL JR. ABTAO Y JR. DAMASO BERAUN

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019									
SENTIDO		Directo → E12		Giro ↗ E11				BACH, BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
08	D	15	246	168	9	5	0	5	1	633	
09	G	12	42	124	4	0	0	2	0		
13	D	53	235	124	22	9	5	15	0	701	
14	G	26	91	98	11	7	3	2	0		
19	D	139	215	158	19	32	4	7	0	885	
20	G	96	153	29	21	5	5	2	0		

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS					
SENTIDO		Directo → E12		Giro ↗ E11				BACH, BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
8	D	14	262	311	4	5	0	5	1	891	
9	G	7	130	150	0	2	0	0	0		
13	D	31	273	220	7	11	2	7	1	770	
14	G	8	108	98	2	2	0	0	0		
19	D	33	214	152	6	14	1	1	1	635	
20	G	19	101	82	4	5	2	0	0		

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS					
SENTIDO		Directo → E12		Giro ↗ E11				BACH, BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. 28 DE JULIO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
8	D	16	159	236	4	6	0	4	2	634	
9	G	5	80	118	2	1	0	1	0		
13	D	25	184	103	5	8	0	4	1	518	
14	G	13	80	90	2	3	0	0	0		
19	D	20	179	103	3	7	0	3	1	454	
20	G	9	69	59	0	1	0	0	0		

DIA Y FECHA		MARTES 16 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS					
SENTIDO		Directo → E21		Giro ↻ E22				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
07	D	65	152	137	9	35	3	0	0	758	
08	G	46	138	127	0	45	1	0	0		
15	D	111	163	99	28	46	10	0	0	736	
16	G	36	131	70	13	29	0	0	0		
19	D	53	148	41	9	15	0	0	0	401	
20	G	25	75	26	4	5	0	0	0		

DIA Y FECHA		MIÉRCOLES 17 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS					
SENTIDO		Directo → E21		Giro ↻ E22				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. ABTAO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
7	D	61	329	170	9	39	3	0	0	906	
8	G	30	163	88	2	12	0	0	0		
15	D	57	240	59	37	32	1	0	0	620	
16	G	14	125	30	11	14	0	0	0		
19	D	30	213	107	21	13	1	0	0	578	
20	G	9	128	48	4	4	0	0	0		

DIA Y FECHA		JUEVES 18 DE ABRIL DE 2019				HORAS MAXIMAS					
SENTIDO		Directo → E21		Giro ↻ E22				BACH. ING BRYAN GERSONN CHAMORRO DURAND			
UBICACIÓN Y PUNTO		JR. 28 DE ABTAO Y DAMASO BERAUN									
HORA	SENTIDO	MOTO LINEAL	MOTO CAR	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUSES >=3 E	TOTAL	
						PICK UP	RURAIL COMBI				
DIAGRA. VEH.											
7	D	64	217	108	19	38	3	3	0	692	
8	G	19	114	89	6	12	0	0	0		
15	D	62	198	125	5	11	0	0	0	649	
16	G	21	132	64	9	22	0	0	0		
19	D	51	164	62	6	23	0	0	0	473	
20	G	30	79	48	2	8	0	0	0		

**ANEXO 03: LISTA DE TABLAS,
FIGURAS, ECUACIONES E**

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 01. Variables Independientes “X” – Variables Dependientes “Y”

TABLA N° 02 Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

TABLA N° 03 Factor de Equivalencia de Vehículos Automóviles Directos Equivalentes (ADE)

TABLA N° 04 Factores de Ajuste del Flujo de Saturación

TABLA N° 05 Volumen Mínimo de Vehículos para Intersecciones Semaforizadas

TABLA N° 06 Interrupción del Tránsito Continuo para Intersecciones Semaforizadas

TABLA N° 07 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar.

TABLA N° 08 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Aguilar Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar.

TABLA N° 09 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho.

TABLA N° 10 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Ayacucho Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho

TABLA N° 11 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco

TABLA N° 12 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Huánuco Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco

TABLA N° 13 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado

TABLA N° 14 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Gral. Prado Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado.

TABLA N° 15 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 16 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Damaso Beraun Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 17 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 18 Tráfico Vehicular Mixto en el Jr. Damaso Beraun Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 19 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar

TABLA N° 20 Flujo Máximo en el Jr. Aguilar Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar.

TABLA N° 21 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho.

TABLA N° 22 Flujo Máximo en el Jr. Ayacucho Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho.

TABLA N° 23 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco.

TABLA N° 24 Flujo Máximo en el Jr. Huánuco Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco.

TABLA N° 25 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado.

TABLA N° 26 Flujo Máximo en el Jr. Gral. Prado Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado.

TABLA N° 27 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 28 Flujo Máximo en el Jr. Damaso Beraun Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 29 Flujo Máximo en el Jr. Abtao Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 30 Flujo Máximo en el Jr. Damaso Beraun Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 31 Factor de Equivalencia de Vehículos.

TABLA N° 32 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora) en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Mañana (8 am - 9 am).

TABLA N° 33 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora) en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Tarde (13 pm - 14 pm).

TABLA N° 34 Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (ADE/hora) en la Hora de Mayor Flujo Vehicular - Noche (19 pm - 20 pm).

TABLA N° 35 Volumen Mínimo de Vehículos.

TABLA N° 36 Interrupción del Tránsito Continúo.

TABLA N° 37 Análisis en Cada Intersección para determinar si se requiere de la Instalación de Un Semáforo.

TABLA N° 38 Flujos de Saturación a las Intersecciones del Jr. Abtao Longitudinal al Jr. Abtao.

TABLA N° 39 Flujos de Saturación a las Intersecciones del Jr. Abtao Transversales al Jr. Abtao.

TABLA N° 40 Intervalo de Cambio de Fase en Cada Intersección – Tiempo Perdido para las dos Fases.

TABLA N° 41 Valores de “y” para las Intersecciones del Jr. Abtao.

TABLA N°42 Cicló Óptimo para cada Intersección del Jr. Abtao.

TABLA N°43 Rango de Cicló Óptimo Intersección del Jr. Abtao.

TABLA N°44 Cicló Óptimo Intersección del Jr. Abtao.

TABLA N°45 Tiempo de Verde Efectivo.

TABLA N°46 Distancia Estática Promedio Ax.

TABLA N°47 Parte Aditiva y Multiplicativa de la Distancia de Seguridad.

TABLA N°48 Aforo Peatonal en el Área en Estudio.

TABLA N°49 Ubicación de Drones para toma de Información de Campo.

TABLA N° 50 Desviaciones Normales de Velocidades de Punto para la Determinación del Tamaño de la Muestra.

TABLA N° 51 Constante Correspondiente al Nivel de Confianza.

TABLA N° 52 – A Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar.

TABLA N° 52 - B Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho.

TABLA N° 52 - C Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco.

TABLA N° 52 - D Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Gral. Prado.

TABLA N° 52 - F Resultados Velocidad Instantánea – Vehículos Mixtos Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun.

TABLA N° 53 Resultados Sin Proyecto - Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforzadas.

TABLA N° 54 Resultados Con Proyecto - Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforzadas.

TABLA N° 55 Taza de Crecimiento Demográfico Huánuco – Huánuco – Huánuco.

TABLA N° 56 Proyección de Crecimiento Poblacional al 2025 Huánuco – Huánuco – Huánuco.

TABLA N° 57 Resultados Con Proyecto Proyección 2020 Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforzadas.

TABLA N° 58 Resultados Con Proyecto Proyección 2025 Longitud de Colas y Demoras en Intersecciones Semaforzadas.

TABLA N° 59 Resumen de la simulación de Transito – Demoras en Intersecciones Semaforzadas.

TABLA N° 60 Resumen de la simulación de Transito Longitud de Colas Sin proyecto y Con Proyecto Actual 2019.

TABLA N° 61 Resumen de la simulación de Transito Longitud de Colas Sin proyecto y Con Proyecto Proyección 2020.

TABLA N° 62 Resumen de la simulación de Transito Longitud de Colas Sin proyecto y Con Proyecto Proyección 2025.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 01 Arreglo Típico de Dos Fases.

FIGURA N° 02 Operación de Semáforo de Tiempo Fijo.

FIGURA N° 03 Flujo de Llegada Constante.

FIGURA N° 04 Flujo de Salida vs. Tiempo.

FIGURA N° 05 Longitud de Cola vs. Tiempo.

FIGURA N° 06 Tiempo de Entreverde (y).

FIGURA N° 07 Intervalo de Cambio de Fase.

FIGURA N° 08 Distancia Mínima de Parada Segura de una Vehículo.

FIGURA N° 09 Longitud del Ciclo vs. Demoras.

FIGURA N° 10 Diagrama Espacio – Tiempo.

FIGURA N° 11 Área de Influencia en Estudio.

FIGURA N° 12 Planta General - Secciones Transversales de las Intersecciones en Estudio.

FIGURA N° 13 Planta General - Flujos Vehiculares de las Intersecciones en Estudio.

FIGURA N° 14 Zonificación del Área en Estudio.

FIGURA N° 15 Situación Actual de las fases de los Ciclos Semafóricos.

FIGURA N° 16 Formato Estándar de Hoja de Campo de Aforo Vehicular.

FIGURA N° 17 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (mañana).

FIGURA N° 17 – B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (tarde).

FIGURA N° 17 – C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Aguilar (noche).

FIGURA N° 18 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (mañana).

FIGURA N° 18 – B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (tarde).

FIGURA N° 18 – C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Ayacucho (noche).

FIGURA N° 19 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (mañana).

FIGURA N° 19 – B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (tarde).

FIGURA N° 19 – C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Huánuco (noche).

FIGURA N° 20 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (mañana).

FIGURA N° 20 – B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (tarde).

FIGURA N° 20 – C Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Gral. Prado (noche).

FIGURA N° 21 – A Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (mañana).

FIGURA N° 21 – B Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (tarde).

FIGURA N° 22 Flujograma Intersección de Jr. Abtao y Jr. Damaso Beraun (noche).

FIGURA N° 23 Colores de los Intervalos.

FIGURA N° 24 Fase 1 Verde: Jr. Abtao.

FIGURA N° 25 Fase 2 Rojo: Jr. Abtao.

FIGURA N° 26 Intervalo de Cambio de Fase.

FIGURA N° 27 Distancias Existentes de Semáforo a Semáforo Consecutivo a lo Largo de la Vía.

FIGURA N° 28 Distribución de los Tiempos de Ciclos Jr. Abtao y sus Transversales

FIGURA N° 29 Diagrama Tiempo – Espacio

FIGURA N° 30 Distancia Estática Promedio (Ax)

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación (01)	Intervalo de Cambio de Fase = Ámbar + Todo Rojo
Ecuación (02)	Distancia Mínima de Parada Segura (Dp)
Ecuación (03)	Distancia Mínima de Parada Segura (Dp)
Ecuación (04)	Tiempo de Desalojo de la Intersección
Ecuación (05)	Tiempo de Cruce de Peatones
Ecuación (06)	Capacidad
Ecuación (07)	Factor de Hora Punta (PHF)
Ecuación (08)	Carriles Críticos
Ecuación (09)	Longitud de Ciclo Óptimo
Ecuación (10)	Longitud del Ciclo
Ecuación (11)	Longitud de Intervalo Tiempo de Verde
Ecuación (12)	Promedio de Demora por Parada por Vehículo para el Carril o Grupo de Carriles de Interés
Ecuación (13)	Factor de la hora punta
Ecuación (14)	Módulo de Tasa de Flujo de Saturación:
Ecuación (15)	Distancia Entre Dos Vehículos
Ecuación (16)	Parte Aditiva y Multiplicativa de la Distancia de Seguridad
Ecuación (17)	Parte Aditiva y Multiplicativa de la Distancia de Seguridad
Ecuación (18)	Tiempo – Espacio – Velocidad
Ecuación (19)	Tamaño de la Muestra

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN N° 01 - Congestión Vehicular Intersección Jr. Ayacucho y Jr. Huánuco

IMAGEN N° 02 - Infraestructura Vial en mal estado Intersección Jr. Abtao y Jr. Ayacucho

IMAGEN N° 02 - A Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Aguilar

IMAGEN N° 02 - B Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Ayacucho

IMAGEN N° 02 - C Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Huánuco.

IMAGEN N° 02 - D Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Gral. Prado

IMAGEN N° 02 - F Prueba de Normalidad - Velocidad Instantánea Intersección del Jr. Abtao y el Jr. Damaso Beraun

IMAGEN N° 03 Distancia Estática Promedio (Ax)

IMAGEN N° 04 Distancia Entre dos Vehículos (d)

IMAGEN N° 05 Curva de Crecimiento - Lineal

IMAGEN N° 06 Curva de Crecimiento – Logarítmica

IMAGEN N° 07 Curva de Crecimiento – Potencial

IMAGEN N° 08 Curva de Crecimiento - Polinómica

IMAGEN N° 09 Demoras en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto

IMAGEN N° 10 Longitud de Colas en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto Actual 2019

IMAGEN N° 11 Longitud de Colas en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto Proyección 2020

IMAGEN N° 12 Longitud de Colas en Intersecciones Sin Proyecto y Con Proyecto Proyección 2025