

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TRÁNSITO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV.  
PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES  
UTILIZANDO SYNCHRO 8.0**

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

**Autores: Bach. Franklin Junior Azabache Coronel  
Bach. Luis Andi Ventura Silva**

**Asesor: Mg. Ing. José Luis Piedra Tineo**

**JAÉN – PERÚ, JULIO, 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 9 de Julio del año 2019, siendo las 10:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Ing. Wilmer Rojas Pintado

Secretario: Ing. Cesar Jesús Díaz Coronel

Vocal: Ing. José Antonio Coronel Delegado, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación  
(  ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

Tránsito en la Intersección de la Av. Pakamuros con G. Dos de Mayo y los Sauces Utilizando Sincro 8.0

presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller Luis Andi Ventura Silva

Franklin Junior Azabache Coronel

de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.


Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

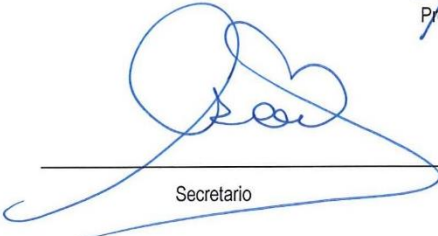
(  ) Aprobar ( ) Desaprobar ( ) Unanimidad ( ) Mayoría

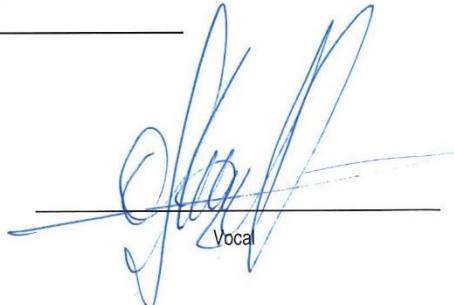
Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( <u>17</u> ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )           |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )           |

Siendo las 11:20 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## INDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Situación Problemática</b> .....	1
<b>1.2. Justificación</b> .....	2
<b>1.3. Antecedentes</b> .....	2
1.3.1. Antecedentes Internacionales.....	2
1.3.2. Antecedentes Nacionales .....	3
1.3.3. Antecedentes Locales .....	5
<b>1.4. Bases Teóricas</b> .....	5
1.4.1. Teoría del Flujo Vehicular .....	5
1.4.1.1. Tipos de Flujo de tráfico .....	6
1.4.1.2. Parámetros de flujo de tráfico .....	6
1.4.2. SemafORIZACIÓN .....	9
1.4.2.1. Tipos de Semáforos .....	9
1.4.2.2. Cálculo de los tiempos del semáforo .....	11
1.4.3. Vías Urbanas.....	14
1.4.3.1. Vías Expresas.....	15
1.4.3.2. Vías Arteriales .....	15
1.4.3.3. Vías Colectoras .....	15
1.4.3.4. Vías Locales.....	16
1.4.4. Velocidad para Zonas Urbanas .....	16
1.4.4.1. Prudencia en la velocidad de la conducción (Artículo 160) .....	16
1.4.4.2. Reducción de la velocidad (Artículo 161) .....	16
1.4.4.3. Límites máximos de velocidad (Artículo 162) .....	16
1.4.4.4. Límites mínimos de velocidad (Artículo 165).....	17
1.4.5. Análisis Vial .....	17

1.4.5.1. Esquema Operacional.....	17
1.4.5.2. Datos de entrada.....	18
1.4.5.3. Ajuste de la Demanda .....	19
1.4.5.4. Ajuste de la Oferta .....	21
1.4.5.5. Determinación de la Capacidad y la Relación v/c .....	25
1.4.5.6. Medidas de Eficiencia.....	26
1.4.6. Equivalencia Vehicular .....	30
1.4.7. Tasa de Crecimiento Poblacional de Jaén.....	33
1.4.8. Factor de Crecimiento Vehicular (GF) .....	33
1.4.9. Synchro 8.0 .....	34
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Objetivo General.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>37</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Tipo de Investigación.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Variables de Investigación .....</b>	<b>38</b>
3.2.1 Variable Independiente: .....	38
3.2.2 Variable Dependiente: .....	38
<b>3.3 Población, Muestra .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Aborde Metodológico .....</b>	<b>39</b>
<b>3.5 Técnicas e Instrumentos .....</b>	<b>39</b>
<b>3.6 Plan de Obtención de Información.....</b>	<b>40</b>
<b>3.7 Recopilación de Información .....</b>	<b>42</b>
3.7.1. Área de Estudio.....	42
3.7.2. Estudio de Condiciones Geométricas .....	43
3.7.3. Estudio de Condiciones de Tráfico .....	46
3.7.3.1. Aforo Vehicular en la Intersección Analizada.....	46



3.7.3.2. Aforo Peatonal en la Intersección Analizada.....	54
3.7.3.3. Estudio de la Velocidad de Aproximación .....	56
3.7.4. Estudio de Condiciones Semafóricas.....	57
<b>3.8 Procesamiento de la Información .....</b>	<b>58</b>
3.8.1 Situación actual aplicando el software Synchro 8.0 .....	58
<b>3.9 Alternativas De Solución .....</b>	<b>65</b>
3.9.1 Alternativa N° 01: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0 .....	65
3.9.2 Alternativa N° 02: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros).....	67
3.9.3 Alternativa N° 03: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público. .....	69
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
<b>4.1. Situación Actual .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2. Alternativas de Solución.....</b>	<b>79</b>
4.2.1 Alternativa N° 1: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0 .....	79
4.2.2 Alternativa N° 2: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros).....	80
4.2.3 Alternativa N° 3: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público... .....	80
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>82</b>
<b>5.1. Situación Actual .....</b>	<b>82</b>
<b>5.2. Alternativas de Solución.....</b>	<b>82</b>
5.2.1. Alternativa N° 1: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0 .....	83
5.2.2. Alternativa N° 2: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros).....	83
5.2.3. Alternativa N° 3: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público	83

<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	85
<b>6.1. Conclusiones</b> .....	85
<b>6.2. Recomendaciones</b> .....	87
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de entrada necesarios para el análisis vial.....	19
Tabla 2 Factor de ajuste por ancho de carril.....	22
Tabla 3 Variables para ajuste por peatones y ciclistas .....	25
Tabla 4 Niveles de Servicio para intersecciones según las demoras.....	30
Tabla 5 Equivalencias Vehiculares homologadas a la unidad UCP .....	31
Tabla 6 Equivalencias Vehiculares homologadas a la unidad UCP usadas en la investigación .....	32
Tabla 7 Técnicas e Instrumentos .....	39
Tabla 8 Datos Complementarios de la Geometría de la intersección.....	46
Tabla 9 Total de Vehículos por Día .....	49
Tabla 10 Resumen de Aforo en Volúmenes por Acceso.....	51
Tabla 11 Porcentaje de Vehículos en Horas Pico.....	52
Tabla 12 Cantidad de Paradas y Maniobras de Estacionamiento.....	54
Tabla 13 Resumen de Aforo Peatonal .....	56
Tabla 14 Resumen de Velocidad de Aproximación .....	56
Tabla 15 Duración de la Fases de la Intersección .....	57
Tabla 16 Datos complementarios de las Fases de la Intersección.....	58
Tabla 17 Resumen del diseño semafórico optimizado .....	66
Tabla 18 Cálculo de % de Vehículos para Alternativa N° 03 .....	70
Tabla 19 Resultados de la Situación Actual .....	78
Tabla 20 Comparación de parámetros de la situación actual con la optimización semafórica .....	79
Tabla 21 Comparación del diseño semafórico con la situación actual y optimizado.....	79
Tabla 22 Comparación de parámetros de la situación actual y eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte.....	80
Tabla 23 Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 25% .....	80
Tabla 24 Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 50% .....	81
Tabla 25 Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 75% .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación.....	10
Figura 2. Fases y diagrama de fases de una intersección con semáforo.....	11
Figura 3. Metodología de análisis de intersecciones señalizadas .....	18
Figura 4. Agrupaciones típicas de grupo de carriles .....	20
Figura 5. Agrupaciones típicas de grupo de carriles .....	32
Figura 6. Tasa de Crecimiento Poblacional del distrito de Jaén.....	33
Figura 7. Escenario de entrada del programa .....	35
Figura 8. Foto Satelital de la intersección analizada .....	43
Figura 9. Esquema Principal de la Intersección Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces .....	44
Figura 10. Acceso Norte: Avenida Pakamuros .....	44
Figura 11. Acceso Este: Calle Los Sauces .....	45
Figura 12. Acceso Sur y Oeste: Avenida Pakamuros y Calle Dos de Mayo.....	45
Figura 13. Equipo de grabación para el aforo vehicular.....	47
Figura 14. Ubicación estratégica para el desarrollo de la filmación .....	48
Figura 15. Volumen Vehicular en Intervalos de 15min (Día Lunes) .....	50
Figura 16. Comparación Vehicular en Horas Punta .....	52
Figura 17. Flujograma de Hora Pico (tarde).....	53
Figura 18. Aforo Peatonal de la Intersección .....	55
Figura 19. Diagrama de Tiempos .....	57
Figura 20. Trazado de la intersección analizada en la ventana de mapa del software .....	58
Figura 21. Configuración de geometría por carril (Lane Settings) de la intersección.....	59
Figura 22. Configuración de volumen (Volume Settings) .....	60
Figura 23. Configuración de la intersección o nodo (Node Settings) .....	61
Figura 24. Configuración de tiempos (Timing Settings) de la intersección .....	62
Figura 25. Configuración de fases de la intersección.....	63
Figura 26. Configuración de simulación (Simulación Settings) de la intersección .....	64
Figura 27. Intersección sin optimizar .....	65
Figura 28. Resultados de la Optimización Semafórica.....	66

Figura 29. Trazado de la intersección incluida la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros) .....	68
Figura 30. Resultados de la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros) .....	69
Figura 31. Bus "Titan Urbano Nodasa" .....	70
Figura 32. Trazado de la intersección con el porcentaje final al 25% de buses .....	71
Figura 33. Resultados de la adición de transporte público al 25% .....	72
Figura 34. Trazado de la intersección con el porcentaje final al 50% de buses .....	73
Figura 35. Resultados de la adición de transporte público al 50% .....	74
Figura 36. Trazado de la intersección con el porcentaje final al 75% de buses .....	75
Figura 37. Resultados de la adición de transporte público al 75% .....	76
Figura 38. Volumen vehicular total por movimiento .....	77
Figura 39. Resultado de demoras y nivel de servicio (NDS) .....	78
Figura 40. Diagrama de Tiempos Optimizado .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A 1. Formato de Aforo Vehicular .....	95
Anexo A 2. Formato de Aforo Peatonal .....	96
Anexo A 3. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido N-S (Día Lunes) .....	97
Anexo A 4. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido S-N (Día Lunes) .....	98
Anexo A 5. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido E-O (Día Lunes) .....	99
Anexo A 6. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido O-E (Día Lunes) .....	100
Anexo A 7. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido N-S (Día Miércoles) .....	101
Anexo A 8. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido S-N (Día Miércoles) .....	102
Anexo A 9. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido E-O (Día Miércoles) .....	103
Anexo A 10. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido O-E (Día Miércoles) .....	104
Anexo A 11. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido N-S (Día Viernes) .....	105
Anexo A 12. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido S-N (Día Viernes) .....	106
Anexo A 13. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido E-O (Día Viernes) .....	107
Anexo A 14. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido O-E (Día Viernes) .....	108
Anexo A 15. Resumen Total de Flujo Vehicular con Horas Pico y Factor De Hora Pico (Lunes) .....	109
Anexo A 16. Flujograma Hora Pico Mañana .....	110
Anexo A 17. Flujograma Hora Pico Tarde .....	111
Anexo A 18. Flujograma Hora Pico Noche .....	112
Anexo A 19. Volumen Vehicular en Intervalos de 15min (Día Lunes) .....	113
Anexo A 20. Volumen Vehicular en Intervalos de una hora (Día Lunes) .....	114
Anexo A 21. Composición Vehicular en Hora Punta Mañana (Día Lunes) .....	115
Anexo A 22. Composición Vehicular en Hora Punta Tarde (Día Lunes) .....	116
Anexo A 23. Composición Vehicular en Hora Punta Noche (Día Lunes) .....	117
Anexo B 1. Aforo Peatonal (Día Lunes) .....	119
Anexo B 2. Aforo Peatonal (Día Miércoles) .....	120
Anexo B 3. Aforo Peatonal (Día Viernes) .....	121
Anexo C 1. Estudio de Velocidad de Aproximación .....	123
Anexo C 2. Resumen de Estudio de Velocidad de Aproximación .....	123
Anexo D 1. Situación actual simulada en SimTraffic Animation (2D) .....	125
Anexo E 1. Alternativa N° 1 simulada en SimTraffic Animation (2D) .....	127
Anexo E 2. Vista Satelital de Alternativa N° 02 .....	128

Anexo E 3. Flujograma de Alternativa 02 (Eliminación del Giro Izquierda en Acceso Norte)	129
Anexo E 4. Alternativa N° 2 simulada en SimTraffic Animation (2D).	130
Anexo E 5. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 25%).....	131
Anexo E 6. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 50%).....	132
Anexo E 7. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 75%).....	133
Anexo E 8. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 25%) simulada en SimTraffic Animation (2D).	134
Anexo E 9. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 50%) simulada en SimTraffic Animation (2D).	135
Anexo E 10. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 75%) simulada en SimTraffic Animation (2D).	136
Anexo F 1. Toma de Medidas de Condiciones Geométricas .....	138
Anexo F 2. Filmación y Punto Estratégico del Aforo Vehicular (Método Mecánico).....	139
Anexo F 3. Situación del flujo vehicular (Situación Actual) .....	140
Anexo G 1. . Mapa de Zonificación de la intersección analizada .....	142

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal plantear alternativas de solución mediante un modelado vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces, así mismo analizar los niveles de flujo vehicular y sus diversos factores asociados. Para ello se realizó el estudio de los factores que intervienen en el análisis vial tales como condiciones geométricas de tránsito y semaforicas los que nos permitieron determinar un nivel de servicio “D” para la situación actual. La investigación evaluó el flujo vehicular contrastándola con los factores implicados los mismos que fueron considerados en las alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio y por ende el confort de la población usuaria de la vía. Para ello se tomó el volumen vehicular y se lo convirtió un modelo auto patrón; luego se utilizó el software Synchro 8.0 el cual está basado en el Highway Capacity Manual (HCM), el mismo que permitió analizar tres alternativas: la primera consistió en la optimización semaforica y se centró en optimizar la longitud de fases de los semáforos, logrando una mejora del servicio hasta un nivel “B”. La segunda evaluó la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Av. Pakamuros) y para no alterar el volumen vehicular eliminado se optó por desviar dicho volumen hacia la Calle México. Como resultado se pudo notar una reducción en la demora y por ende un flujo vehicular continuo, obteniendo un nivel de servicio “B”. Como tercera alternativa se analizó la reducción de vehículos menores a un 25%, 50% y 75% para ser remplazados por buses de transporte público, se obtuvo para cada porcentaje niveles de servicio “D”, “B” y “B” respectivamente.

**Palabras claves:** Synchro 8.0, Highway Capacity Manual (HCM), Intersección, Nivel de Servicio, Flujo Vehicular.



## ABSTRACT

This research main objective was to propose solution alternatives through road modelling to improve the level of service at the intersection of Pakamuros Avenue with Dos de Mayo street and Los Sauces, as well as analyze vehicle flow levels and its various associated factors. For this purpose, a study was made of the factors involved in road analysis, such as geometric traffic conditions and traffic lights, which allowed us to determine a level of service "D" for the current situation. The research assessed the flow of vehicles, contrasting it with the factors involved, which were considered in the solution alternatives to improve the level of service and therefore the comfort of the road user population. For this, the vehicle volume was taken and converted into a self-pattern model; then the Synchro 8.0 software was used, which is based on the Highway Capacity Manual (HCM), which allowed us to analyze three alternatives: the first one consisted of traffic light Optimization and focused on optimizing the length of traffic light phases, achieving an improvement in service to a level "B". The second one assessed the removal of the left turn in the North Access (Pakamuros Av) and in order not to alter the vehicular volume removed it was decided to divert that volume towards Mexico Street. As a result, a reduction in the delay could be noticed and therefore a continuous vehicular flow, obtaining a service level "B".As a third alternative, the reduction of minor vehicles to 25%, 50% and 75% was analyzed to be replaced by public transport buses, for each percentage was obtained levels of service "D", "B" and "B" respectively.

**Keywords:** Synchro 8.0, Highway Capacity Manual (HCM), Intersection, Service Level, Vehicular Flow.

## I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Jaén, actualmente, se encuentra en constante crecimiento, sin embargo un problema que se hace cada vez más complejo es el de la congestión vehicular, que se agrava por varios factores: inadecuadas estrategias por parte de las autoridades, deficiente infraestructura vial, desacato a las normas de tránsito de conductores y peatones y la carencia de un sistema de transporte público local. El transporte interno en nuestra ciudad se realiza casi en su totalidad en vehículos menores como motos lineales y mototaxis, en este último caso la cantidad de unidades sobrepasan las necesidades y la capacidad de las infraestructuras viales de la ciudad. Otro aspecto es que estas unidades ocupan las calles como estacionamiento mientras los propietarios realizan cualquier actividad, esto incrementa aún más la congestión vehicular y genera niveles de servicio muy bajos, un caótico parque automotor y malestar generalizado en la población.

Es por ello que esta investigación pretende analizar la situación de fluidez vehicular en relación con algunas variables o factores que están asociadas con este fenómeno, para ello se utilizó el software Synchro 8.0, que emplea la metodología del HCM 2010 en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces, que forman parte de las vías más transitadas de la ciudad de Jaén.

### 1.1. Situación Problemática

Actualmente la intersección entre la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces muestran altos volúmenes vehiculares. Adicional a lo anterior, esta intersección está controlada por semáforos con tiempos repetitivos, que obedecen a un diseño semaforico único que no diferencia horas pico de horas valle, lo que conlleva a que el flujo vehicular empeore. La situación observada se debe a que no se ha planificado el tránsito en la ciudad de Jaén, no existe un estudio sobre factores relacionados al análisis vial de intersecciones,

que ayuden a realizar un apropiado diseño de las fases del ciclo semafórico, la distribución de los tiempos y el análisis de los movimientos permitidos.

### **Problemas de Investigación**

¿De qué manera se mejora el nivel de servicio en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces mediante el modelado vial?

¿Cuáles son los principales factores asociados a la congestión vehicular en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces?

### **Hipótesis**

Aplicando el modelado vial se puede determinar una alternativa para mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.

### **1.2. Justificación**

Con esta investigación se busca determinar una alternativa para mejorar el nivel de servicio buscando mayor fluidez y reduciendo las interrupciones y la congestión vehicular en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces – Jaén. Esta investigación apunta a contribuir en la mejora del sistema de transporte, y con ello beneficiará a la población usuaria ya sea conductores o peatones que circulen por la intersección. Además esta servirá de antecedente para futuras investigaciones relacionadas al análisis vial.

### **1.3. Antecedentes**

#### **1.3.1. Antecedentes Internacionales**

(Henríquez, 2018) indica: “En la intersección semaforizada, existe un gran problema de congestión, ocasionado por el cruce de un volumen elevado de vehículos, los autobuses sin paradas específicas y la gran cantidad de peatones que transitan en la zona”(p.5).

Para dicha investigación se utilizó el método de evaluación para el cálculo de la capacidad en intersecciones semaforizadas y el tratamiento de la información actual de la misma. “Concluye que determinar los niveles de servicio en una intersección de una localidad con ciertas condiciones no es posible con el HCM 2010 debido a que existen ciertos factores

característicos no contemplados en los cálculos y por lo tanto no pueden ser evaluados” (Henríquez, 2018, p.99).

(Botero, 2008), realizó en su investigación estudios de movilidad en los diferentes medios de transportes en los que identificó una baja eficiencia en la planeación semafórica.

Esto indica, poca coordinación de la red semafórica. En cierto sentido la investigación busca estrategias de movilidad de la población de la ciudad de Manizales mediante la adopción de soluciones operativas de bajo costo y con criterio de eficiencia y efectividad. (Botero, 2008, p.1)

Además en el ámbito internacional se abordó una investigación basada en proponer soluciones para algunos de los problemas viales del sector, a manera de integrar más activamente a las zonas aledañas a través de su sistema vial. (Cerezo, 2012) concluye:

La ciudad de Chiquimula en la zona central presenta un alto congestionamiento, que lo hace poco transitable en las horas pico y la mayor saturación lo representa la cantidad de buses urbanos que convergen en el centro de la ciudad, con mala señalización y poca intervención de los agentes municipales en el manejo del tránsito. (p.81)

Las señales de tránsito son escasas y muchas de ellas no funcionales, semáforos mal sincronizados, rotulación borrosa, no existe señalización peatonal que resguarde la integridad del transeúnte. (p.81)

Los impactos negativos que genera el tránsito de la zona central de la ciudad de Chiquimula, es mitigable en su totalidad en tal sentido se podrá establecer un programa que permita la fluidez vehicular y peatonal sin afectar el medio ambiente. (p.81)

### 1.3.2. Antecedentes Nacionales

(Rondoño, 2018) realizó un estudio de los factores que intervienen en el análisis vial como las condiciones geométricas, de tránsito y semafóricas que intervienen en el flujo.

Esto indica, que determinó la situación actual de las intersecciones encontrando que funcionan cerca al 100% de su capacidad, en base a ello con ayuda del software Synchro 8.0 realizó un nuevo diseño y optimización de las fases semafóricas y coordinación de las dos intersecciones analizadas encontrando una ola verde de flujo continuo de la red vial. (Rondoño, 2018, p.1)

Asimismo para dicha investigación tomó en cuenta el aforo vehicular por accesos de cada intersección, además de las condiciones geométricas, semáforos y señalizaciones. (Rondoño, 2018) Concluye:

Al analizar la situación actual de las intersecciones de la Av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi tanto con la metodología de HCM 2010 y con el software Synchro 8.0, encontró que operan con niveles de servicio “C”, esto significa que opera aceptablemente y ocurre por dos razones; primero, por una sincronía regular de semáforos y segundo, por ciclos individuales largo. En su caso ocurre lo segundo, existiendo la posibilidad de que los ciclos individuales empiecen a fallar y por ende el nivel de servicio sea más deficiente. (p.109)

(Ríos, 2018), señala: “Que llevó a cabo un estudio de tráfico para determinar los volúmenes actuales durante la hora punta, planificó visitas a campo para tomar mediciones geométricas y ciclos semafóricos en las intersecciones” (p.9).

Esto indica, que enfocó su investigación en realizar un diagnóstico de la situación actual en la Av. Cáceres que revele las fallas técnicas en el sistema vial y así proponer soluciones a mediano y largo plazo desde un punto de vista técnico – económico mediante softwares de simulación y análisis de tránsito como INFRAWORKS y SYNCHRO 8.0 con metodologías HCM 2010 y normativa MTC DG – 2018. (Ríos, 2018, p.9)

En el ámbito nacional también se abordó esta problemática de (Osore, 2015), que emplea las metodologías de análisis del HCM 2000 y Synchro 8, con las cuales estimó las tasas de flujo de saturación, demoras por control y extensiones máximas de cola,; concluyendo en lo siguiente:

La metodología es una buena herramienta que ayuda en el análisis del comportamiento de las intersecciones viales urbanas y que es aplicable en el Perú,

entre ellas siendo Huancayo una de las ciudades con mayor parque automotor. (p.157)

### 1.3.3. Antecedentes Locales

Asimismo en el ámbito local (Leonardo, 2017), enfocó su investigación en determinar el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con SYNCHRO 8.0. La investigación realizada es no experimental, descriptiva, la cual contempla dos variables, capacidad y nivel de servicio; y concluye en lo siguiente:

Se determinó el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos, obteniéndose los siguientes resultados:

- ✓ Intersección 1 (Avenida Villanueva Pinillos con Calle Diego Palomino) con un Nivel de servicio C. (p. 67)
- ✓ Intersección 2 (Avenida Villanueva Pinillos con Simón Bolívar) con un Nivel de servicio C. (p. 67)
- ✓ Intersección 3 (Avenida Villanueva Pinillos con Mariscal Ureta) con un Nivel de servicio B. (p. 67)

Luego de realizar la simulación con el software Synchro 8, este resultó muy útil para la obtención de una vista dinámica de cómo se desarrolla un ciclo semafórico. También resultó un programa útil para la obtención de flujos de saturación y niveles de servicio aproximado. (p. 69)

## 1.4. Bases Teóricas

### 1.4.1. Teoría del Flujo Vehicular

La teoría del flujo de tráfico es una herramienta que ayuda a los ingenieros de la especialidad a entender las características y el comportamiento del tránsito. Esta consiste en el desarrollo de las relaciones matemáticas entre los elementos primarios del flujo vehicular tales como volumen, densidad y velocidad. Dentro de ello se estudiará los tipos de flujo de tráfico y los parámetros de flujo de tráfico. (Tarquino, 2010) Citado por (Rondoño, 2018, p.17)

#### 1.4.1.1. Tipos de Flujo de tráfico

##### a) Flujo Continuo o Ininterrumpido

“Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía solo se ve obligado a detenerse por razones ajenas al tráfico. Los vehículos se detienen cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias, etc.” (Leonardo, 2017, pág. 6)

Las vías que poseen las características de flujo continuo no tienen elementos externos al flujo vehicular, tales como semáforos, que puedan interrumpir el mismo. En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto. (Leonardo, 2017, pág. 6,7)

##### b) Flujo Discontinuo o Interrumpido

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

Las vías que poseen las características de flujo interrumpido poseen elementos fijos que pueden interrumpir el flujo vehicular. En esos elementos se incluyen los semáforos, las señales de alto y cualquier otro dispositivo de control del tránsito, cuya presencia origina la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de su velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes. (Leonardo, 2017, p.7)

En la presente investigación se abordó el flujo interrumpido, debido a que la intersección analizada está regulada por semáforos.

#### 1.4.1.2. Parámetros de flujo de tráfico

##### a) Velocidad (V)

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

- Velocidad media temporal

Media aritmética de las velocidades de los vehículos observados que pasan por un punto definido de una carretera. También se puede referir a ella como velocidad puntual, ya que para calcularla se tomarán las velocidades individuales de los vehículos que atraviesan por un punto fijo. (Romana et al., 2017, p.157).

Se calcula mediante:

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad [1]$$

Donde:

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

$V_i$  = Velocidad del vehículo  $i$ -ésimo (m/seg).

- Velocidad media espacial

Término estadístico que representa la velocidad media basada en el tiempo medio de recorrido de los vehículos en atravesar un tramo de carretera. Se denomina de esta forma dado que el tiempo medio de recorrido representará la media de los tiempos que tardan cada uno de los vehículos en recorrer el tramo considerado. (Romana et al., 2017, p.157).

La velocidad media espacial será:

$$V_e = \frac{L}{\sum_{i=1}^n t_i/n} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad [2]$$

Siendo:

$V_e$  = La velocidad media espacial (km/h)

$L$  = Longitud del segmento de carretera (km)

$t_i$  = El tiempo del recorrido del  $i$ -ésimo vehículo que recorre la sección (h)

$N$  = El número de tiempos de recorrido observados.



b) Tasa de flujo o flujo (q) y Volumen (Q)

“Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.247).

Esto significa que, es el número de vehículos, N, que pasan durante un intervalo de tiempo específico T, inferior a una hora en unidades de minutos o segundos. No obstante, la tasa de flujo, q, puede ser expresad en vehículos por hora, teniendo cuidado de su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario, Q. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, pág. 247)

La tasa de flujo, q, se calcula con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T} \quad [3]$$

Donde:

n = Número de vehículos.

T = Tiempo específico.

c) Densidad (K)

“Es el número “N” de vehículos que ocupan una longitud específica “d”, de una vía en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.254).

Puede determinarse mediante:

$$K = \frac{N}{d} \quad [4]$$

Donde:

N = Número de vehículos.

d = Longitud específica de una vía.

#### 1.4.2. Semaforización

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados específicamente para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el verde, el amarillo y el rojo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.386)

La función principal de un semáforo es la de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.386)

##### 1.4.2.1. Tipos de Semáforos

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2016), los clasifica en base a los mecanismos de su operación y forma de control:

###### a) Semáforos para vehículos

Tienen por finalidad controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o pre-sincronizado; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular. Las indicadas formas de operación se adoptan en función al volumen del tránsito vehicular y la importancia de las vías materia de control mediante este sistema. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)

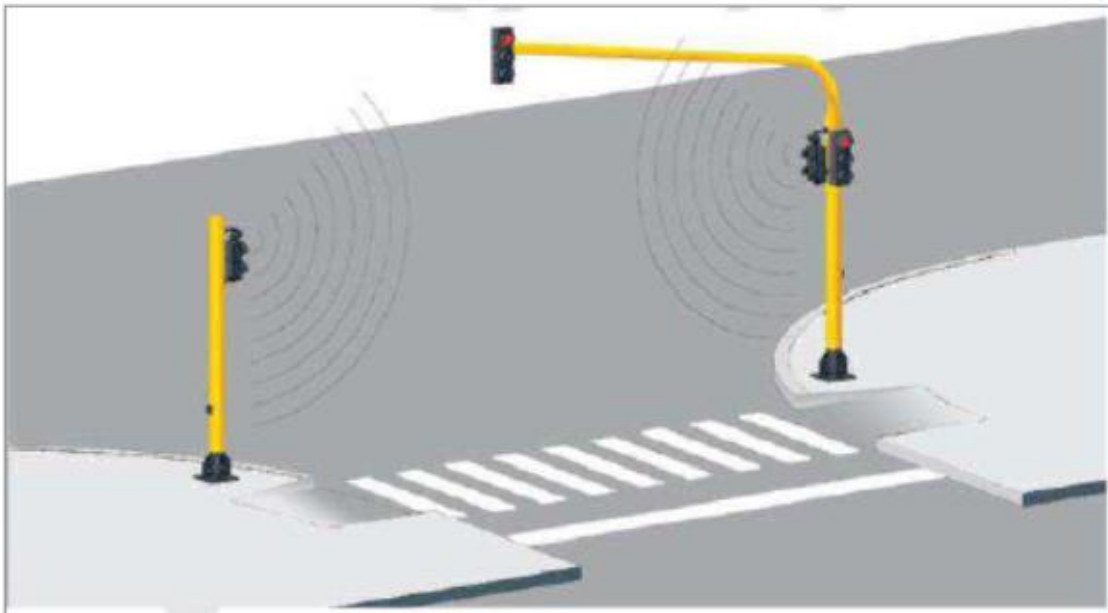
- Semáforos fijos o pre sincronizados: Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)
- Semáforos sincronizados por el tránsito: Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por éste. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)
- Semáforos adaptados al tránsito: Denominados también Semáforos Inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los

accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)

b) Semáforos para peatones:

Tienen por finalidad controlar los pasos peatonales, de tal forma que el peatón tenga tiempo suficiente para pasar una vía a través de un cruce peatonal. Con tal finalidad los lugares donde se instalen semáforos peatonales, deben complementarse con la respectiva demarcación en el pavimento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)

Los semáforos para paso peatonales incluyen los correspondientes a los usuarios con movilidad reducida, en cuyo caso debe complementarse con las respectivas rampas de acceso. La implementación de semáforos con dispositivos sonoros, facilita el uso de la infraestructura existente a personas con limitación visual. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018, p.385)



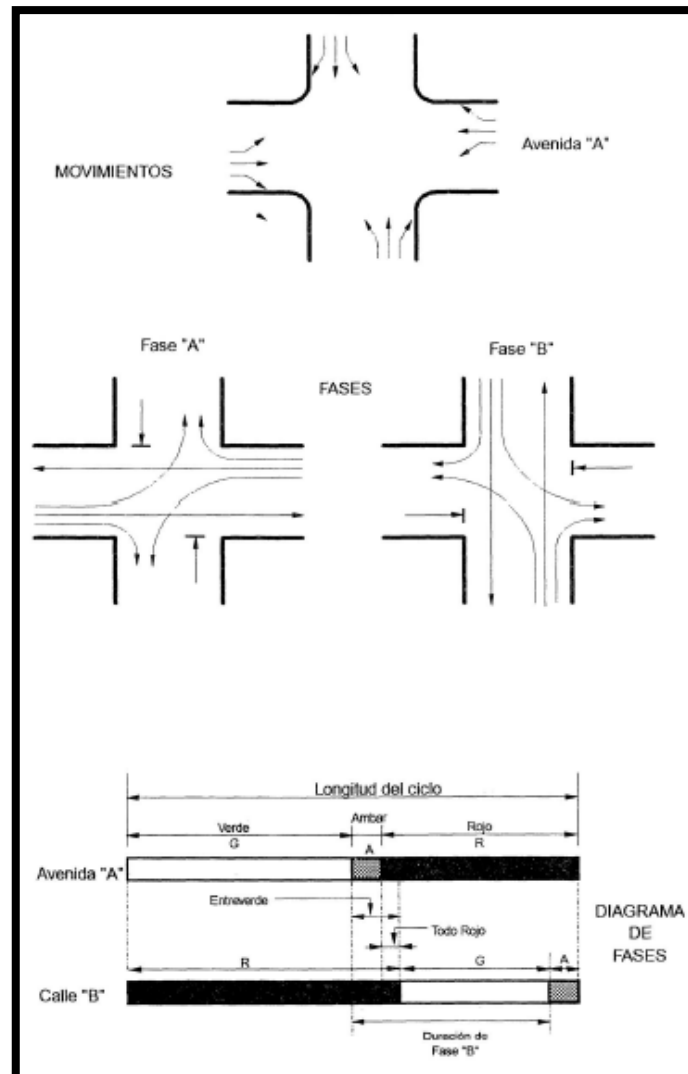
**Figura 1.** Semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación.

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2016)

#### 1.4.2.2. Cálculo de los tiempos del semáforo

Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos. Así se logrará admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. La distribución de los tiempos en cada fase debe estar en relación directa con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.397)

En la figura N° 2 se muestra una intersección de cuatro accesos operada con un semáforo de dos fases. En ella se observa en forma esquemática los conceptos de longitud de ciclo, intervalos y fases. Una fase consta de un intervalo amarillo, uno todo rojo y uno verde. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.398)



**Figura 2.** Fases y diagrama de fases de una intersección con semáforo

Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

A continuación se presentan de manera general los diversos elementos a tener en cuenta en el cálculo de los tiempos del semáforo y su reparto en las diferentes fases:

a) Intervalo de cambio de fase o Tiempo de entre verde

Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de percepción-reacción del conductor, los requerimientos de la desaceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.399). Se determina utilizando la siguiente expresión:

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo rojo

$$y = A + T_R = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W+L}{v} \right) \quad [5]$$

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)

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

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

a = tasa de desaceleración (valor usual 3.05 m/s<sup>2</sup>)

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor típico 6.10 m)

b) Longitud del ciclo

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

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\emptyset} Y_i} \quad [6]$$

$$Y_i = \frac{q_{ADE}}{S} \quad [7]$$

Donde:

Co = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = Tiempo total perdido por ciclo (s)

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

$\emptyset$  = número de fases

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

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

c) Flujo de saturación ( $s$ ) y tiempo total perdido ( $L$ )

“Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa llamada flujo de saturación ( $s$ ), la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termine el verde”. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.403)

“El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea, que puede ser obtenida, cuando existen filas y estas aún persisten hasta el final del periodo verde. En este caso, se tiene un período de verde completamente saturado”. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.403)

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

$$L = \sum_{i=1}^{\emptyset} (A_i + TR_i) \quad [8]$$

Donde:

$L$  = Tiempo total perdido por ciclo

$A_i$  = Tiempo perdido por fase amarillo

$TR_i$  = Tiempo perdido por fase todo rojo

d) Asignaciones de tiempos verdes

- Tiempo verde efectivo

El tiempo verde efectivo total  $g_T$ , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.405), está dado por:

$$g_T = C - L = C - \left[ \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) \right] \quad [9]$$

Donde:

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

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

- Asignaciones de tiempo verde por cada fase

“Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total  $g_T$  debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de  $Y_i$ ” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.406):

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}} (g_T) \quad [10]$$

Recuérdese que  $Y_i$  es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase  $i$ . (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.406)

- Tiempo de luz roja por fase

(Rondoño, 2018) indica: “Una vez conocido la longitud de ciclo, tiempo de luz ámbar, todo rojo y verde efectivo; el tiempo de la luz roja se determina como sigue” (p.26).

$$R = C - A_i - TR - V_i \quad [11]$$

#### 1.4.3. Vías Urbanas

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

- Vías Expresas
- Vías Arteriales
- Vías Colectoras
- Vías Locales

#### 1.4.3.1. Vías Expresas

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

“Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p.39).

#### 1.4.3.2. Vías Arteriales

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

Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010, p.40)

#### 1.4.3.3. Vías Colectoras

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

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



#### 1.4.3.4. Vías Locales

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

#### 1.4.4. Velocidad para Zonas Urbanas

##### 1.4.4.1. Prudencia en la velocidad de la conducción (Artículo 160)

El conductor no debe conducir un vehículo a una velocidad mayor de la que sea razonable y prudente, bajo las condiciones de transitabilidad existentes en una vía, debiendo considerar los riesgos y peligros presentes y posibles. En todo caso, la velocidad debe ser tal, que le permita controlar el vehículo para evitar accidentes. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)

##### 1.4.4.2. Reducción de la velocidad (Artículo 161)

El conductor de un vehículo debe reducir la velocidad de éste, cuando se aproxime o cruce intersecciones, túneles, calles congestionadas y puentes, cuando transite por cuestas, cuando se aproxime y tome una curva o cambie de dirección, cuando circule por una vía estrecha o sinuosa, cuando se encuentre con un vehículo que circula en sentido contrario o cuando existan peligros especiales con respecto a los peatones u otros vehículos o por razones del clima o condiciones especiales de la vía. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)

##### 1.4.4.3. Límites máximos de velocidad (Artículo 162)

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) indica: “Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad para zonas urbanas, son los siguientes”:

- a) En Calles y Jirones: 40 Km/h.
- b) En Avenidas: 60 Km/h.
- c) En Vías Expresas: 80 Km/h.
- d) Zona escolar: 30 Km/h.
- e) Zona de hospital: 30 Km/h.

#### 1.4.4.4. Límites mínimos de velocidad (Artículo 165)

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) establece: "Las reglas y límites de velocidad mínima son las siguientes":

- a) En zona urbana y carreteras: la mitad del máximo fijado para cada tipo de vía.
- b) En caminos: 20 Km/h, salvo los vehículos que deban utilizar permisos.

Por lo tanto, tal como lo establece el artículo antes mencionado en el inciso a), la velocidad mínima de circulación con la que se trabajó en la presente investigación es de 30 km/h, ya que es la mitad de la velocidad máxima (60km/h) para avenidas establecido en el artículo 162 del Reglamento Nacional de Tránsito.

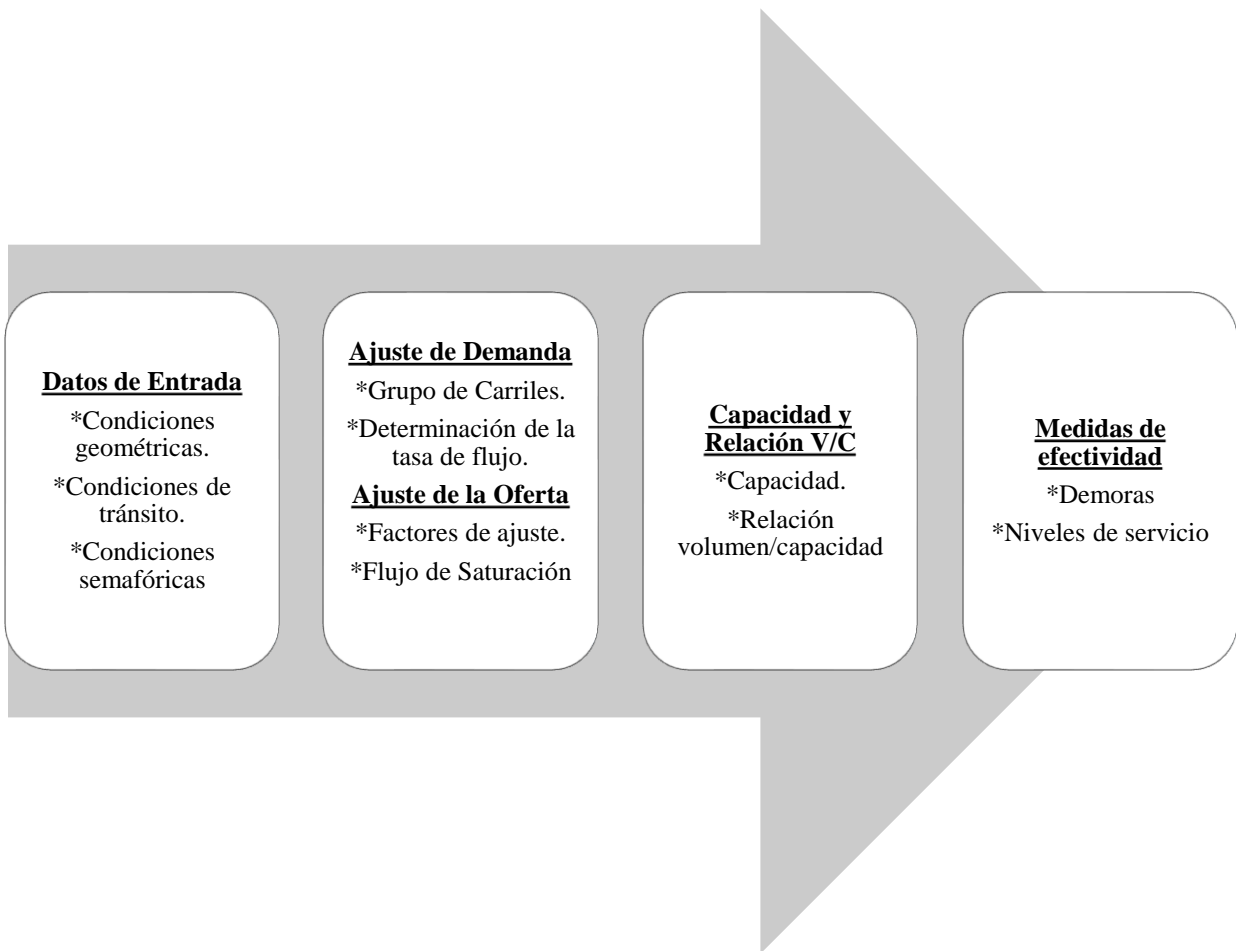
#### 1.4.5. Análisis Vial

El análisis vial está basado fundamentalmente en el Highway Capacity Manual (HCM 2010), que es una publicación que hizo el National Research Council en Estados Unidos, por medio de Transportation Research Board (TRB), que proporciona un conjunto lógico de los métodos de evaluación de dispositivos de tránsito o instalaciones de transporte. Siendo este manual una importante herramienta ampliamente utilizada por organismos, instituciones y profesionales dedicados al área de transportes. (Rondoño, 2018, p.28)

##### 1.4.5.1. Esquema Operacional

La base de todo el análisis planteado por este método es estimar las medidas de eficiencia que producen cada factor por separado en el tránsito para luego, una vez hallados los valores ponderados de cada factor, agregarlos a un solo factor

de todo. (Rondoño, 2018, p.28,29). Un esquema fácil para entender el procedimiento es el siguiente:



**Figura 3.** Metodología de análisis de intersecciones señalizadas

Fuente: (Transportation Research Board (TRB), 2010)

#### 1.4.5.2. Datos de entrada

(Rondoño, 2018) indica: “Los datos de entrada se dividen en tres grupos importantes”:

- a) Condiciones geométricas.
- b) Condiciones de tráfico.
- c) Condiciones semafóricas.

En la Tabla N° 1 se puede identificar los parámetros de cada grupo:

Tabla 1  
*Datos de entrada necesarios para el análisis vial*

Tipo de Condición	Parámetros de Entrada
Condiciones Geométricas	- Tipo de Área
	- Número de Carriles, N
Condiciones Geométricas	- Ancho de Carril, W (m)
	- Pendiente, G (%)
Condiciones de Tráfico	- Existencia de Carril exclusivo izquierdo o derecho, $L_T$ o $R_T$
	- Existencia de Parqueo
Condiciones de Tráfico	- Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h)
	- Tasa de flujo de saturación ideal, $S_0$ (autos/h/carril)
	- Factor de hora pico, FHP
	- Presencia de vehículos pesados, PT (%)
	- Volumen peatonal, $V_{ped}$ (p/h)
	- Número de paradas de buses en la intersección, $N_b$ (buses/h)
	- Actividad de maniobras de parqueo, $N_m$
- Tipo de llegada	
Condiciones de Señalización	- Proporción de vehículos que llegan en verde, P
	- Longitud de ciclo, C (seg)
	- Tiempo de verde efectivo, G (seg)
	- Tiempo de ámbar
	- Tiempo de todo rojo
Condiciones de Señalización	- Periodo de análisis, T (h)

Fuente: (Transportation Research Board (TRB), 2010)

#### 1.4.5.3. Ajuste de la Demanda

##### a) Agrupación de grupo de carriles

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

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

**Figura 4.** Agrupaciones típicas de grupo de carriles

Fuente: (Transportation Research Board (TRB), 2010)

b) Determinación de la tasa de flujo ajustado

(Rondoño, 2018) indica: “Está representado por el volumen horario de máxima demanda sobre el factor de hora pico (FHP)” (p.31).

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * \text{Max}(v_{15})} \quad [12]$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHP(f_{HV})} \quad [13]$$

Donde:

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

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

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

FHP = Factor de hora pico.

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

“Para seleccionar el volumen pico para cada movimiento se recomienda observar directamente los flujos y se selecciona el más crítico en los 15 min de análisis” (Rondoño, 2018, p.32).

#### 1.4.5.4. Ajuste de la Oferta

##### a) Determinación de la tasa de flujo de saturación

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

$$S = S_o * N(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \quad [14]$$

Donde:

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

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

N = número de carriles del grupo de carriles

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

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

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

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

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

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

f<sub>LU</sub> = factor de ajuste por utilización de carriles

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

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

f<sub>Lpb</sub> = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda

f<sub>Rpb</sub> = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha

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

- Tasa de flujo de saturación en condiciones ideales (S<sub>o</sub>)

(Rondoño, 2018) señala: “El HCM 2010, cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con 250 000 habitantes o más, el flujo de saturación ideal es de 1 900

ADE/h/carril (automóviles directos equivalentes/hora verde /carril), y en otras ciudades es 1 750 ADE/h/carril” (p.33).

- Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )

“Este factor se determina de acuerdo al ancho de carril, en ningún caso el ancho debe ser menor a 2.40 m, cuando llega a pasar los 4.80 m se debe analizar como dos carriles”. (Rondoño, 2018, p.33)

Tabla 2  
*Factor de ajuste por ancho de carril*

Ancho Promedio (m)	Ajuste por Ancho de Carril ( $f_w$ )
< 3.0	0.96
≥ 3.0 – 3.92	1.00
> 3.92	1.04

Fuente: (Rondoño, 2018)

- Factor de ajuste por pendiente del acceso  $f_g$

“Este factor tiene en cuenta el efecto de las rampas y pendientes, y se aplica un factor de corrección, este factor se mantiene para pendientes entre un rango de -6% a 10%”. (Rondoño, 2018, p.33)

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad [15]$$

Donde:

%G = porcentaje de pendiente del acceso.

- Factor de ajuste por estacionamiento o parqueo  $f_p$

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

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \quad [16]$$

Donde:

N = número de carriles del grupo.

$N_m$  = número de maniobras de estacionamiento/hora

- Factor de ajuste por bloqueo de buses  $f_{bb}$

En el análisis es importante tener en cuenta el transporte público, el cual genera impacto por cargar o descargar pasajeros en la anterior o posterior de la intersección en una distancia de 76 m de la línea de parada. Si se presenta más de 250 autobuses/hora se debe ajustar como límite práctico, y se debe considerar un tiempo promedio de bloqueo de 14.4seg durante la señal semafórica. (Rondoño, 2018, p.34)

$$f_{bb} = N - \frac{14.4 \frac{N_s}{3600}}{N} \quad [17]$$

Donde:

$N_b$  = número de buses que paran/hora

- Factor de ajuste por tipo de área  $f_a$

(Rondoño, 2018) indica: “Es importante identificar la ubicación de la intersección, para un adecuado análisis” (p.34).

$f_a = 0.90$  (Zonas comerciales CBD)

$f_a = 1.00$  (Otras zonas)

- Factor de ajuste por utilización de carriles  $f_{LU}$

Se determina mediante la ecuación siguiente:

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{gt} * N} \quad [18]$$

“Cuando el grupo de carriles presenta carriles exclusivos este factor se considera como 1.0”.

(Rondoño, 2018, p.34)

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

“Este factor esta dado de acuerdo al tipo de carril” (Rondoño, 2018, p.35)

Carril exclusivo,  $f_{LT} = 0.95$

Carril compartido:  $f_{LT} = \frac{1}{1+0.05P_{LT}} \quad [19]$

Donde:

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

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

(Rondoño, 2018) señala: “El HCM 2010, propone utilizar los siguientes factores”:



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

Carril doble,  $f_{RT} = 1 - 0.15PRT$  [20]

Donde:

PRT: Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

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

(Rondoño, 2018) señala: “Este factor es igual a la proporción del tiempo que la zona de conflicto (peatón – vehículo) está desocupada”.

Para giros a la izquierda se determina mediante:

$$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad [21]$$

Para giros a la derecha se determina mediante:

$$f_{Rpb} = 1 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad [22]$$

Donde:

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

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

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

Si no existe fase protegida, la proporción de giros tanto a la izquierda como a la derecha es

$$P_{LTA} = P_{RTA} = 0$$

Luego el factor de ajuste de la ocupación en la fase permitida para giros  $A_{pbT}$  es:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r; \text{ si } N_{rec} = N_{turn} \quad [23]$$

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_r; \text{ si } N_{rec} > N_{turn} \quad [24]$$

Donde:

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

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

$OCC_r$  = Ocupación de la zona de conflicto

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

$$OCC_r = \left( \frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \right) + OCC_{bicg} - \left( \frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg} \right) \quad [25]$$

Tabla 3  
Variables para ajuste por peatones y ciclistas

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

Fuente: (Transportation Research Board (TRB), 2010)

#### 1.4.5.5. Determinación de la Capacidad y la Relación v/c

##### a) Capacidad

(Rondoño, 2018) indica: “En intersecciones semaforizadas la capacidad se basa en los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación” (p.37). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c_i = s_i * \left( \frac{g_i}{C} \right) \quad [26]$$

Donde:

$c_i$  = Capacidad del grupo de carriles i (veh/h).

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

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

$C$  = Longitud del ciclo del semáforo (s).

$g_i/C$  = Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles i.

##### b) Relación Volumen/Capacidad

(Rondoño, 2018): “Otra denominación puede ser el grado de saturación ya que representa el resultado de la tasa de flujo (v) sobre la capacidad (c). Para un mejor manejo del término

cuando se hace el análisis se representa con una  $X_t$ ” (p.37). Se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$X_t = \frac{v_i}{c_i} = \frac{v_i}{s_i * (g_i / C)} = \frac{v_i * C}{s_i * g_i} \quad [27]$$

Donde:

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

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

$c_i$  = Capacidad del grupo de carriles i.

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

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

$C$  = Longitud del ciclo (s).

#### c) Grupos de carriles críticos y grado de saturación crítico

(Rondoño, 2018): “Los grupos de carriles críticos para cada fase son aquellos que presentan la mayor relación de flujo v/c y se emplean para evaluar la intersección en su conjunto (forma agregada) con respecto a su geometría y a la duración del ciclo”, dando lugar al grado de saturación crítico de la intersección ( $X_c$ )” (p.38) que se obtiene mediante:

$$X_c = \left( \frac{C}{C-L} \right) * \sum \left( \frac{v}{s} \right)_{ci} \quad [28]$$

Donde:

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

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

$C$  = longitud del ciclo (s).

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

#### 1.4.5.6. Medidas de Eficiencia

##### a) Demoras

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

- Demora uniforme

(Rondoño, 2018): “La demora uniforme  $d_1$ , es la que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos, tal que no existe saturación durante ningún ciclo” (p.38). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_i = \frac{0.5C\left(1-\frac{g}{C}\right)^2}{1-\left[\min(1, X_i)\frac{g}{C}\right]} \quad [29]$$

Donde:

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

$C$  = Longitud del ciclo optimo

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

- Demora incremental

(Rondoño, 2018): “La demora incremental  $d_2$ , toma en consideración las llegadas aleatorias, que ocasiona que algunos ciclos se sobresaturen” (p.39). Se expresa como:

$$d_2 = 900T \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{4X_i}{cT}} \right] \quad [30]$$

Donde:

$T$  = duración del período de análisis (0.25 h)

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

$X_i$  = Grado de saturación o relación volumen capacidad

- Demora por cola inicial

(Rondoño, 2018): “Es la demora adicional que se genera debido a las colas residuales (remanentes o insatisfechas) del periodo previo, ya que estas deberán primero despejar la intersección antes de dar paso a los vehículos que llegan durante el periodo de análisis” (p.39). La demora por cola inicial  $d_3$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b(1+u)t}{cT} \quad [31]$$

Donde:

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

$c$  = capacidad (veh/h)

$T$  = duración del período de análisis (0.25 h)

$t$  = duración de la demanda insatisfecha (h)

$u$  = parámetro de demanda

(Rondoño, 2018) indica: “Para el cálculo de la demora  $d_3$ , existen cinco posibles escenarios de análisis que se describe a continuación” (p.40).

- ✓ Caso I: el periodo es no saturado sin cola inicial  $Q_b = 0$ . Por lo tanto  $d_3=0$
- ✓ Caso II: el periodo es sobresaturado sin cola inicial  $Q_b = 0$ . Por lo tanto  $d_3=0$
- ✓ Caso III: la cola inicial se disipa durante el periodo  $T$ . Para que esto ocurra, la suma de  $Q_b$  y la demanda total en  $T$  ( $q_T$ ) debe ser menor que la capacidad disponible en  $T$  ( $c_T$ ). Es decir:  $Q_b + q_T < c_T$
- ✓ Caso IV: ocurre cuando existe aún demanda insatisfecha al final de  $T$ , pero decreciente. Para que esto ocurra deberá cumplirse que  $q_T < c_T$
- ✓ Caso V: ocurre cuando la demanda en  $T$ , excede la capacidad. Aquí la demanda insatisfecha se incrementa al final de  $T$ . Para que esto ocurra deberá cumplirse que  $q_T > c_T$

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

$$t = 0, \text{ si } Q_b = 0, \text{ de otro modo, } t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c[1-\min(1,X)]} \right\} \quad [32]$$

$$u = 0, \text{ si } t < T, \text{ de otro modo, } u = 1 - \frac{cT}{Q_b[1-\min(1,X)]} \quad [33]$$

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

$$T_c = \max \left( T, \frac{Q_b}{c} + TX \right) \quad [34]$$

Luego la demora media por control del grupo de carriles se define mediante:

$$d_T = d_1 * PF + d_2 + d_3 \quad [35]$$

Donde:

$TD_i$  = Demora de pare total del grupo de acercamiento “i”

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

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

- Demora por acceso

Se obtiene usando la siguiente expresión:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^I (d_i V_p)}{\sum_{i=1}^I (V_p)} \quad [36]$$

Donde:

$V_p$  = Flujo en Automóviles Directos Equivalentes (qADE) por grupo de carriles.

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

- Demora en la intersección

Se obtiene usando la siguiente expresión:

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

Donde:

$V_p$  = Flujo en Automóviles Directos Equivalentes (qADE) por accesos.

$d_i$  = Demoras uniformes e incrementales por acceso.

#### b) Niveles de servicio (NDS)

(Timaná, 2016) indica: “Es una medida de calidad que describe las condiciones operacionales dentro de un flujo de tráfico, generalmente en término de medidas de servicio, como velocidad, libertad de maniobra, interrupciones del tráfico, confort y convivencia”.

Asimismo (Rondoño, 2018) establece: “Una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo, se determinan los niveles de servicio” tal como se muestra en la Tabla N° 4.

Tabla 4  
*Niveles de Servicio para intersecciones según las demoras*

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

Fuente: (Transportation Research Board (TRB), 2010)

#### 1.4.6. Equivalencia Vehicular

Los conteos registrados se agruparán en los formatos de campo en periodos de 15 minutos, diferenciándose los distintos tipos de vehículos motorizados de la siguiente manera:

- Mototaxis
- Moto Lineales
- Autos
- Camiones
- Camionetas
- Minivan

- Ómnibus
- Tráiler
- Maquinaria Pesada

Para homologar las diferentes tipologías vehiculares, se empleó los factores utilizados por (Leonardo, 2017), que se muestran la Tabla N° 5. Esta unidad es el llamado “UCP”, que es la unidad equivalente a los automóviles.

Tabla 5  
*Equivalencias Vehiculares homologadas a la unidad UCP*

TIPOLOGÍA UCP	
Auto	1.00
Bus	3.00
Micro	2.00
Cam. Rural	1.25
Camión	2.50
Mototaxis	0.33

Fuente: (Leonardo, 2017)

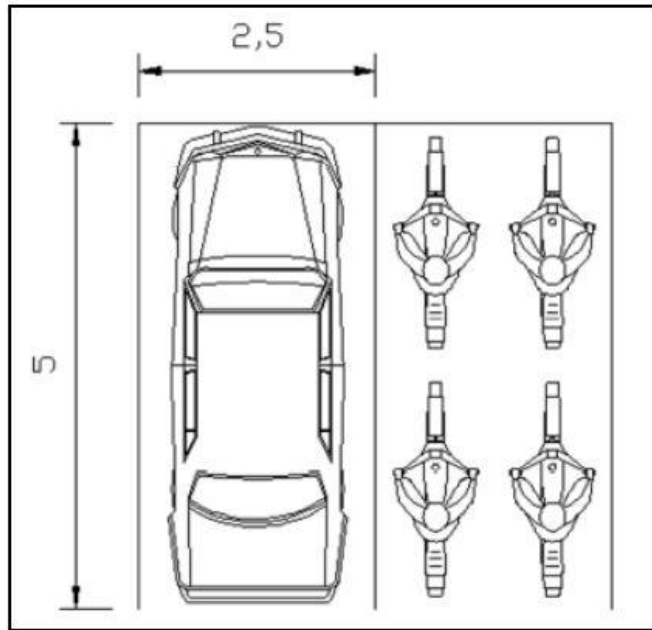
Para la investigación se ha considerado que los autos, camionetas y minivan tendrán la misma equivalencia “1.00” debido a las características similares que presentan, en función a su longitud.

(Yarce Marín, 2015) teniendo en cuenta la investigación realizada por (Velandia Siachoque, 2013) indica: “Si se utilizara la moto-equivalencia (factor de equivalencia de un automóvil a motocicleta) como unidad de análisis, los factores serian inversos de los encontrados (0.16) en dicha investigación, así entonces se tendría que 1 auto equivale a 6.25 motos, en condiciones estáticas” (p.16).

(Yarce Marín, 2015), señala: “Para el caso particular de obtener factor de equivalencia estático en estacionamientos, se menciona que la relación versus el automóvil es de 0.25” (p.17).

“Para este caso, asume una relación inversa y estimar un factor de moto-equivalencia (factor de equivalencia de un automóvil a motocicleta) como unidad de análisis, obteniendo que un auto equivale a cuatro motos.” (Yarce Marín, 2015, p.17)





**Figura 5.** Agrupaciones típicas de grupo de carriles

Fuente: Criterios metodológicos para involucrar el factor motocicleta en los estudios de tránsito en Bogotá (Velandia Siachoque, 2013)

Por lo tanto el equivalente vehicular a moto lineal es de 0.25.

A continuación, en la Tabla N° 6 se muestra las equivalencias vehiculares con las que se trabajará en la presente investigación.

Tabla 6  
*Equivalencias Vehiculares homologadas a la unidad UCP usadas en la investigación*

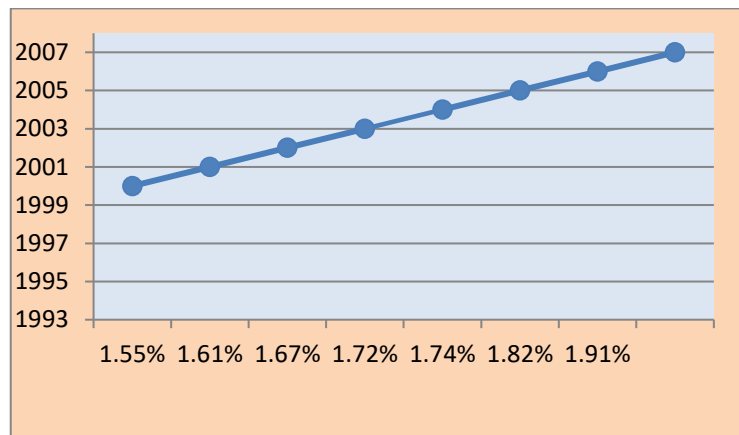
TIPOLOGÍA UCP	
Mototaxis	0.33
Moto Lineales	0.25
Autos	1.00
Camiones	2.50
Camionetas	1.00
Minivan	1.00
Ómnibus	3.00
Tráiler	3.00
Maquinaria Pesada	2.50

Fuente: (Leonardo, 2017)& (Yarce Marín, 2015)

#### 1.4.7. Tasa de Crecimiento Poblacional de Jaén

La evolución de la población del distrito de Jaén en la zona urbana, en el último periodo ínter censal 1993- 2007, muestra un crecimiento moderado de la población. Con una tasa de crecimiento poblacional entre los periodos ínter censales, del distrito de Jaén, ha crecido de 1.78%. (Municipalidad Provincial de Jaén, 2017, p.63)

(Municipalidad Provincial de Jaén, 2017) indica: “El crecimiento vertiginoso de Jaén, principalmente de nuevos asentamientos humanos revela que la población que emigra hacia este distrito, proviene de sectores con bajos ingresos, que son desplazados de otras áreas; crecimiento que será mayor con la ejecución del proyecto habitacional” (p.63).



**Figura 6.** Tasa de Crecimiento Poblacional del distrito de Jaén

Fuente: (Municipalidad Provincial de Jaén, 2017)

#### 1.4.8. Factor de Crecimiento Vehicular (GF)

El Factor de crecimiento puede ser utilizado para ajustar los volúmenes de tráfico utilizando un intervalo de 0,5 a 3,0. Los datos en bruto de volumen se multiplican por el factor de crecimiento en el cálculo de los volúmenes ajustados y Lane Volúmenes de Grupo (Trafficware, Ltd, 2011, p.6-4)

(Trafficware, Ltd, 2011) señala: “Para calcular el factor de crecimiento (GF), basado en una tasa de crecimiento durante varios años, se utiliza la siguiente fórmula”:

$$GF = (1 + r)^Y \quad [38]$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento

Y = Número de años

En base al porcentaje de la tasa de crecimiento poblacional de 1.78%, se trabajó las propuestas planteadas proyectándolas a 10 años.

Por lo tanto, el factor de crecimiento vehicular (GF) que se utilizó en los cálculos posteriores, será:

$$GF = (1 + 0.0178)^{10}$$

$$GF = 1.193$$

#### 1.4.9. Synchro 8.0

(Trafficware, Ltd, 2011) sostiene: “Synchro es un completo paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico” (p.1-1).

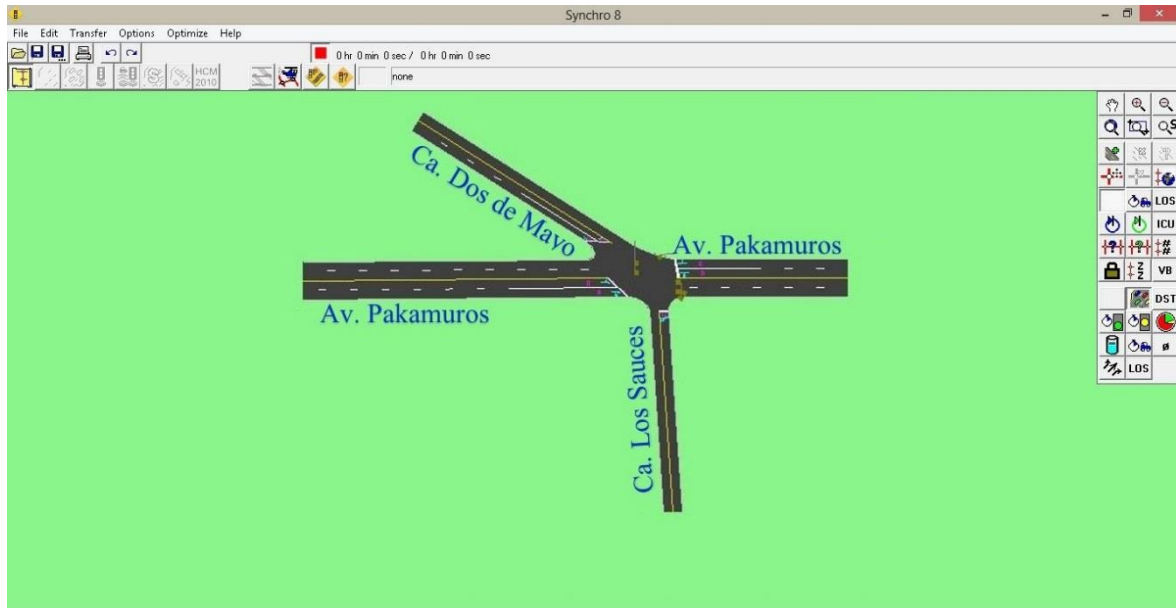
(Trafficware, Ltd, 2011) indica: “Synchro es un paquete de software que incluye”:

- Synchro, un análisis macroscópico y programa de optimización.
- SimTraffic, es potente y fácil de usar aplicación de software de simulación de tráfico;
- 3D Viewer, una vista tridimensional de simulaciones SimTraffic

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

(Rondoño, 2018) señala: “Entre las principales funciones del programa, se destaca lo siguiente”:

- Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando fases, longitud del ciclo y desplazamientos y genera los diagramas de Tiempo – espacio.
- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o de la red y crea una animación del mismo.



**Figura 7.** Escenario de entrada del programa

Fuente: Elaboración propia

(Rondoño, 2018), en su investigación, realiza un resumen de la metodología con la que trabaja el software Synchro:

- Datos de entrada

“Se ingresa las Condiciones geométricas, Condiciones de tráfico, y Condiciones Semafóricas”. (Rondoño, 2018, p.45)

- Ajuste de la demanda

“Synchro divide los volúmenes de tráfico entre el FHP para determinar la tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos más cargado durante la hora, tal cual es indicado por el HCM”. (Rondoño, 2018, p.45)

- Ajuste de la oferta

“Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, Synchro emplea el valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal de 1900 veh/h/carril y la ajusta automáticamente con los factores correspondientes”. (Rondoño, 2018, p.45)

- Determinación de la Capacidad

“Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del HCM 2010”. (Rondoño, 2018, p.45)

- Determinación de las Medidas de eficiencia

“Synchro determina la demora por control y la demora por cola, con las que se obtiene la demora total”. (Rondoño, 2018, p.46) Es decir:

$$\text{Demora total} = \text{demora por control} + \text{demora por cola} \quad [38]$$

“Para intersecciones semaforizadas, el nivel de servicio de la intersección es calculado de la misma manera que al emplear el HCM; tomando en cuenta la demora total de la intersección”. (Rondoño, 2018, p.46)

- Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases.

“Synchro proporciona herramientas para optimizar longitudes de ciclo y tiempos de fases, enfocándose en obtener la mayor fluidez del tráfico vehicular”. (Rondoño, 2018, p.46)

- Coordinación de semáforos

“La coordinación es calculada a través del diagrama de espacio – tiempo, que tiene incorporada como función básica”. (Rondoño, 2018, p.46)

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- Plantear alternativas de solución mediante el modelado vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el nivel de servicio, mediante el modelado vial en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.
- Realizar un diagnóstico vial de la situación actual en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.
- Evaluar los factores que intervienen en el modelado vial en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación del presente estudio es descriptiva y propositiva.

- Es “descriptiva” porque explica la situación actual de una problemática existente en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces, específicamente del congestionamiento vehicular ocasionado por un diseño vial inadecuado.
- Es “propositiva” porque con el estudio que se realizó, se pretende plantear propuestas que ayuden a reducir la problemática mencionada.

#### **3.2 Variables de Investigación**

##### **3.2.1 Variable Independiente:**

- Condiciones viales de la intersección

##### **3.2.2 Variable Dependiente:**

- Nivel de Servicio

#### **3.3 Población, Muestra**

Para esta investigación la población y muestra es la intersección de la Avenida Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces. La técnica de selección de la muestra fue por Juicio y Observación Directa.

### 3.4 Aborde Metodológico

- Método Inductivo: Se ha aplicado este método porque fue necesaria la observación directa de la situación problemática, lo cual nos ha permitido relacionar los factores y efectos de la misma. Este método también nos permitió plantear la hipótesis de que con el modelado vial de la intersección de la Avenida Pakamuros con calle Dos de Mayo y Los Sauces el nivel de servicio es deficiente y necesita plantearse alternativas de solución.
- Método Deductivo: Ya que se partió de una problemática existente de la cual se ha planteado alternativas de solución pueden ser replicadas en otros puntos de la ciudad para evitar el congestionamiento vehicular.
- Método Analítico: Este método nos permitió revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación.
- Método Sintético: Este método nos permitió, elaborar alternativas de solución, las cuales se elaboraron después de analizar todos los componentes y relacionarlos entre sí, dando así soluciones integradas y concretas.

### 3.5 Técnicas e Instrumentos

Tabla 7  
*Técnicas e Instrumentos*

OBJETIVOS	TÉCNICA	DATO A OBTENER	INSTRUMENTO	
Plantear alternativas de solución mediante el modelado vial para mejorar el nivel de servicio en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.	Análisis de Información	Gestión de flujo vehicular y optimización de longitudes de ciclo y fases	Software Fichas Diagramas Flujogramas	Synchro, textuales, y de resultados.
Determinar el nivel de servicio, mediante el modelado vial en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.	Análisis de Información	Nivel de Servicio	Software Fichas	Synchro, textuales, Formatos de aforos.



Realizar un diagnóstico vial de la situación actual en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.	Técnica de Campo	Condiciones geométricas, de tránsito y de semaforización	Fichas textuales, Formato de aforo, Observación directa, instrumentos topográficos.
Evaluar los factores que intervienen en el modelado vial en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces.	Técnica de Campo	Tasa de flujo, velocidad, FHP	Software Synchro, fichas textuales, velocidades de flujo.

---

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 Plan de Obtención de Información

El plan de obtención de información comprendió los siguientes momentos:

- a) Primer Momento: Acciones Previas
  - ✓ Etapa 1: Recopilación de Información
    - ◆ Se realizó el sondeo de información bibliográfica sobre modelos, técnicas y métodos tanto de aforos vehiculares como peatonales; posteriormente se elaboró los formatos de aforo de esta presente investigación.
    - ◆ Se realizó el sondeo de información sobre modelos, técnicas y métodos de obtención de condiciones geométricas de calzadas, bermas, velocidades y se elaboró los formatos que se presentan en esta investigación.
  - ✓ Etapa 2: Organización
    - ◆ Se designó dos equipos de trabajo para la recolección de información, en este caso conformado por ambos tesisistas.
    - ◆ Se contó con el apoyo de un personal técnico de apoyo, a quien se lo capacitó en la toma de datos y la forma de llenar los formatos vehiculares.
    - ◆ Se facilitó los formatos para la recolección de datos.

b) Segundo Momento: Trabajo en Campo

✓ Etapa 1: Condiciones Geométricas y de Señalización.

- ◆ Se estableció la zonificación de la intersección analizada.
- ◆ Se llevó a cabo la obtención de medidas de la calzada, veredas y pendiente para todos los sentidos (Norte a Sur y Este a Oeste).
- ◆ Se determinó las señales de tránsito y se logró identificar los giros permitidos, existencia de paraderos, giros exclusivos, etc.

✓ Etapa 2: Aforo Vehicular

- ◆ Se ejecutó el aforo vehicular en la intersección estudiada, mediante el método mecánico, usando cámaras de video de buena resolución.
- ◆ Se realizó el aforo vehicular en tres días típicos de la semana: lunes, miércoles y viernes.
- ◆ Los horarios de filmación por día fueron los siguientes: 07hrs – 09hrs, 11hrs – 14hrs y 17hrs – 20hrs, que son horas de mayor flujo vehicular.
- ◆ La cámara se ubicó en una zona estratégica, que permitió mayor amplitud de todos los movimientos producidos en la intersección.
- ◆ Se supervisó el desarrollo de todas las filmaciones, de tal manera que se asegure la recopilación de los datos relevantes para la investigación.

✓ Etapa 3: Aforo Peatonal

- ◆ Se ejecutó el aforo peatonal en la intersección estudiada, mediante el método manual, utilizando formatos que se elaboraron previamente. Esto se realizó en tres días típicos de la semana: lunes, miércoles y viernes.
- ◆ Los horarios donde se realizó los aforos por día fueron los siguientes: 07hrs – 09hrs, 11hrs – 14hrs y 17hrs – 20hrs, lo que permitió determinar que estas son horas de mayor flujo vehicular.

c) Tercer Momento: Trabajo de Gabinete

✓ Etapa 1: Evaluación de la Información Extraída en Campo

- ◆ Con los valores extraídos de Condiciones geométricas, señalización y zonificación, se fijó los parámetros iniciales del diseño vial.
- ◆ Con el material obtenido de la filmación del aforo vehicular, se realizó el conteo, tipología de vehículos y determinación de los giros permitidos. Todos estos datos se llevaron al formato de aforo vehicular que se había elaborado previamente.
- ◆ Mediante los aforos peatonales manuales se realizó el conteo, y el sentido en el que transitan los peatones, todos estos datos se llevaron al formato de aforo peatonal.
- ◆ Tomando valores de aforo vehicular y peatonal, se determinó los volúmenes en intervalos de 15min según el HCM.

### **3.7 Recopilación de Información**

#### **3.7.1. Área de Estudio**

El área de estudio se localiza en una zona comercial, en el Sudeste de la ciudad de Jaén, con alto volumen vehicular. El análisis vial que se realizó en esta área de estudio está constituido por una intersección (Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces) y que es parte de la vía colectora principal de la ciudad de Jaén. Así mismo dicha intersección está controlada mediante semáforos de ciclo único y de dos fases.

Las coordenadas UTM de la intersección analizada son las siguientes:

- Norte (N): 9368329
- Este (E): 0743305

A continuación, en la figura N° 8 se presenta una toma satelital de cómo está constituida la intersección.



**Figura 8.** Foto Satelital de la intersección analizada

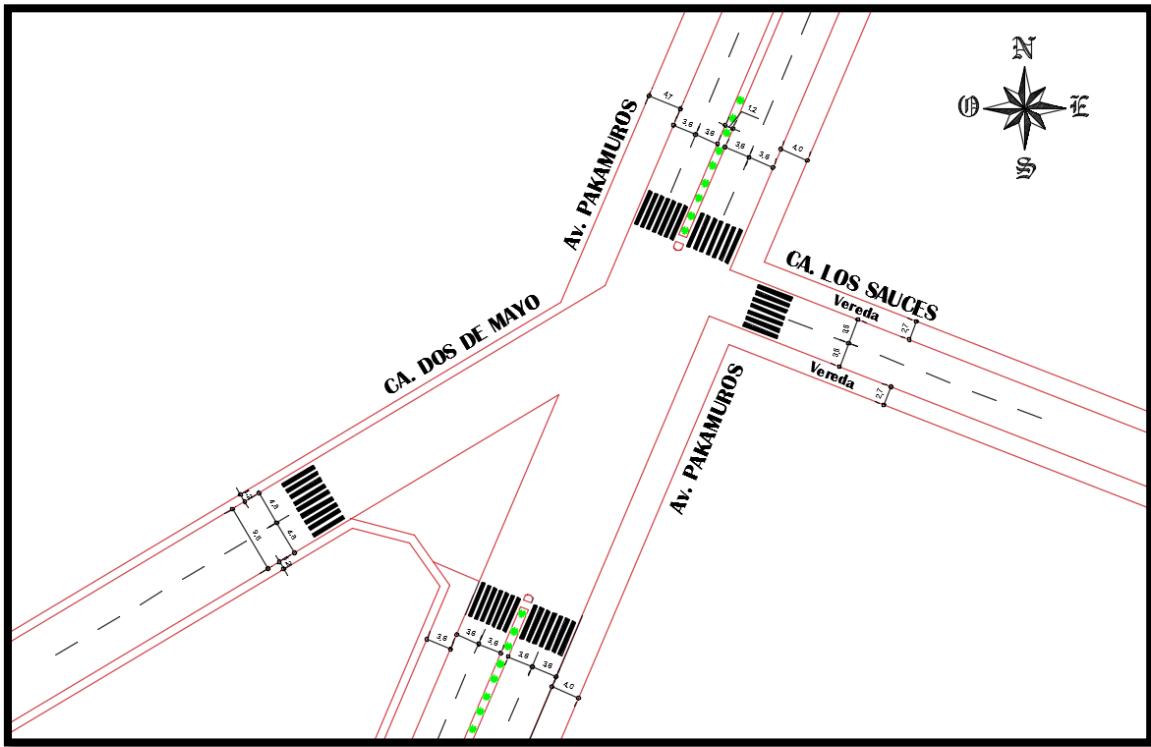
Fuente: Google Earth 2018

### 3.7.2. Estudio de Condiciones Geométricas

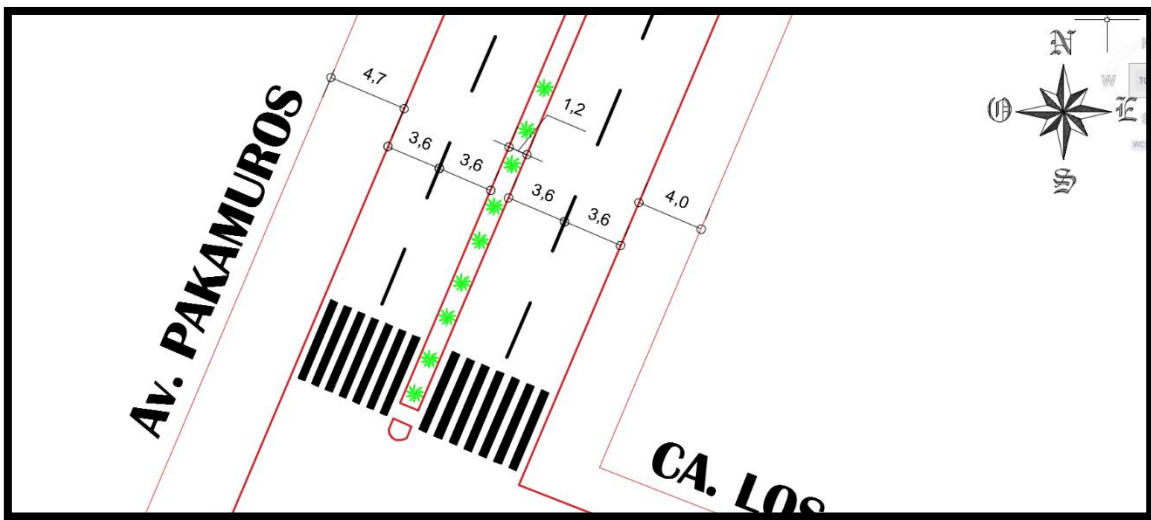
Se realizó visitas a campo, donde se identificó y se tomaron medidas de la geometría tales como: Tipo de área, número de carriles, ancho de carriles, pendiente, existencia de carriles exclusivos para giros a la izquierda y derecha, ancho de veredas, bermas, estacionamientos permitidos, entre otros.

Los instrumentos que se utilizaron para realizar dicho estudio, fueron: cintas métricas, nivel de ingeniero, mapa de zonificación de la ciudad de Jaén, cámara filmadora, entre otros.

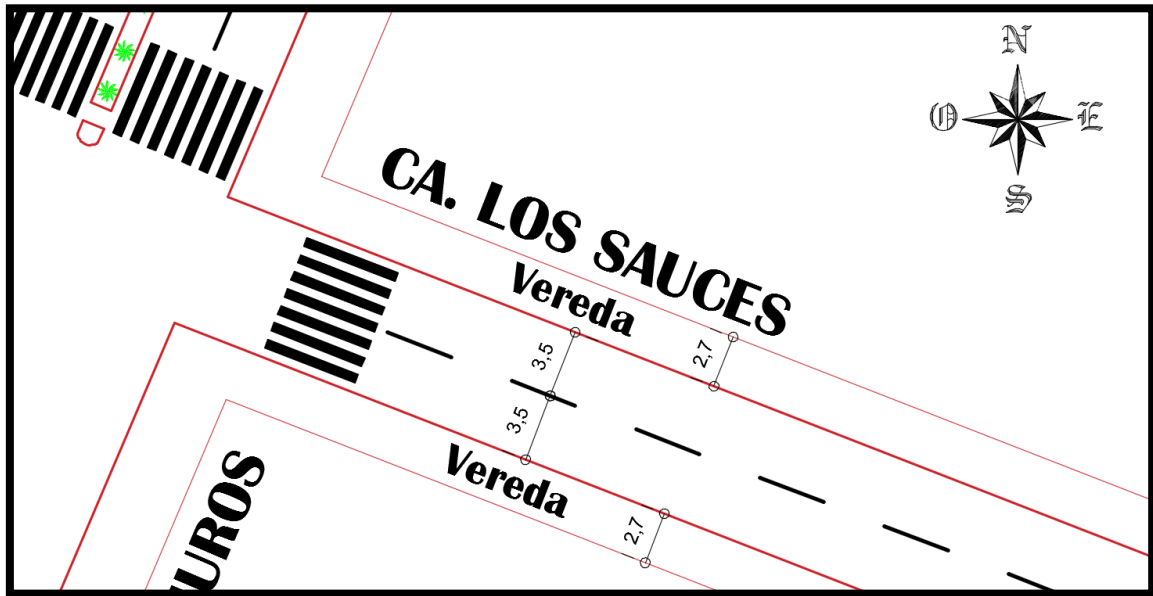
A continuación, se muestran los datos de las condiciones geométricas obtenidas en campo.



**Figura 9.** Esquema Principal de la Intersección Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces  
 Fuente: Elaboración Propia

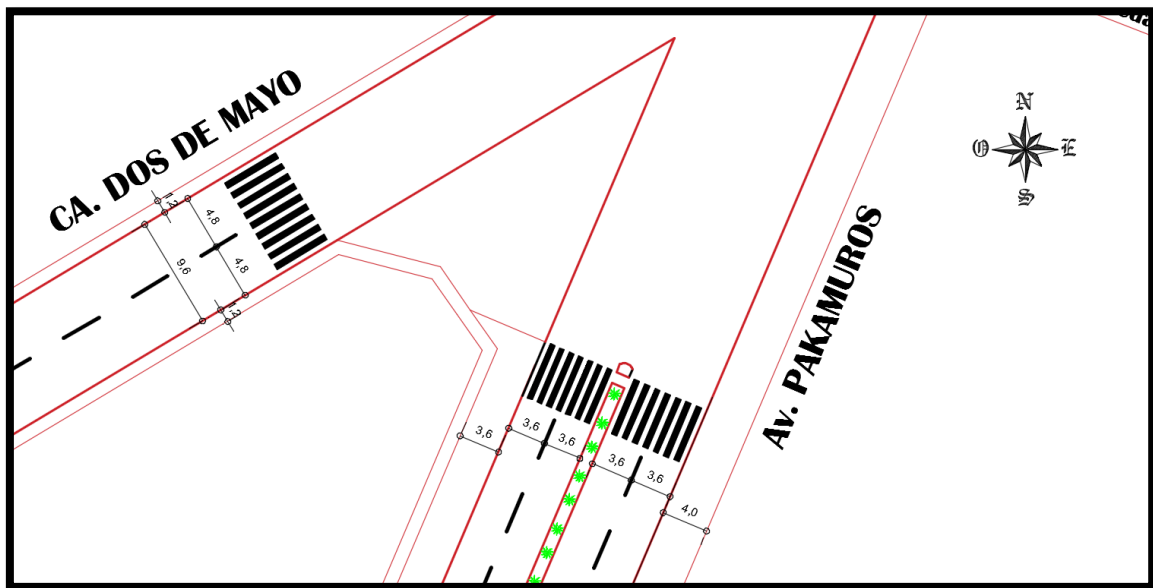


**Figura 10.** Acceso Norte: Avenida Pakamuros  
 Fuente: Elaboración Propia



**Figura 11.** Acceso Este: Calle Los Sauces

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 12.** Acceso Sur y Oeste: Avenida Pakamuros y Calle Dos de Mayo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8  
*Datos Complementarios de la Geometría de la intersección*

<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA GEOMETRÍA</b>						
<b>ACCESO</b>	<b>Número de Carriles (N)</b>	<b>Ancho promedio de carriles</b>	<b>Pendiente (S%)</b>	<b>Carriles Exclusivos</b>	<b>Estacionamientos</b>	<b>Zonificación o Tipo de Área</b>
<b>Norte(N)</b>	2	3.6	+1.30	No	No	
<b>Sur (S)</b>	2	3.6	-1.30	No	No	Zona Comercial
<b>Este (E)</b>	1	3.5	+0.40	No	No	CC de la ciudad
<b>Oeste (O)</b>	1	4.8	-0.40	No	No	

Fuente: Elaboración Propia

La zonificación o tipo de área, como el panel fotográfico de toma de medidas de condiciones geométricas en campo se muestran en el Anexo G 1 y F 1, respectivamente.

### 3.7.3. Estudio de Condiciones de Tráfico

Para el estudio vial plasmado en la presente investigación, es imprescindible conocer las condiciones del tráfico actual de la intersección, tales como el número de vehículos, la tipología vehicular, el volumen de giros a la izquierda y derecha que se realizan, estacionamientos, entre otros.

Para obtener los datos antes mencionados, se realizó el aforo vehicular y peatonal en la intersección de estudio.

#### 3.7.3.1. Aforo Vehicular en la Intersección Analizada

Para realizar el aforo vehicular existen técnicas como el aforo manual que demanda una cantidad considerable de personal ubicados estratégicamente en varios puntos de la intersección que se estudia, y también está el aforo mecánico, donde se emplean equipos de video grabación que tienen una particular ventaja ya que permite obtener información detallada sobre clasificación vehicular, movimientos direccionales, obediencia a los dispositivos para el control del tránsito, entre otros. (Rondoño, 2018, p.51)

En el presente estudio se empleó la técnica del aforo mecánico, es por ello que se utilizó una cámara filmadora, para tener una mejor visualización, y registrar todos los sucesos. Dicha cámara fue ubicada en una zona estratégica de la intersección de tal forma que no tenga obstrucción para registrar el flujo vehicular en todos los accesos de la intersección.

Esta técnica es muy útil ya que permite extraer los datos requeridos en gabinete, con mayor comodidad, precisión y mejor visibilidad. En las figuras N° 13 y 14 se muestra el equipo de grabación que se empleó y la ubicación estratégica para el desarrollo de la filmación, respectivamente.



**Figura 13.** Equipo de grabación para el aforo vehicular

Fuente: Elaboración Propia





**Figura 14.** Ubicación estratégica para el desarrollo de la filmación

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al comportamiento del tráfico que se observó en la intersección analizada, se pudo identificar notoriamente horas pico y valle que varían durante el día y en cada día de la semana. Por lo que es indispensable realizar el aforo vehicular durante tres días típicos de la misma.

El aforo se realizó los días: lunes 08, miércoles 10 y viernes 12 de Abril del 2019, durante tres momentos por cada día, desde las 07:00 – 09:00, 11:00 – 14:00, 17:00 – 20:00 horas, abarcando el tráfico completo de los días típicos de la semana para la ciudad de Jaén. Para determinar la hora de máxima demanda u hora punta, se realizó dicho aforo en periodos de 15 min durante el horario establecido. Para ello se empleó un formato de aforo vehicular.

a) Formato de aforo vehicular

El formato de aforo vehicular que se empleó es como se muestra en el anexo A 1, el cual incluye los diferentes tipos de vehículos que serán analizados por movimientos direccionales

b) Volumen Vehicular Total por Día

Los volúmenes vehiculares por día fueron trabajados con las equivalencias vehiculares que se detallan en la Tabla N° 6.

Después de realizar los cálculos en Excel para todos los aforos por día y sentido, se logró determinar que el mayor volumen vehicular se experimentó el día lunes, por tanto para los cálculos posteriores como aforo peatonal, flujos vehiculares, composición vehicular, etc., se trabajará con los datos del día lunes de nuestra investigación. A continuación en la Tabla N° 9, se muestra el Total de vehículos por día.

Tabla 9  
*Total de Vehículos por Día*

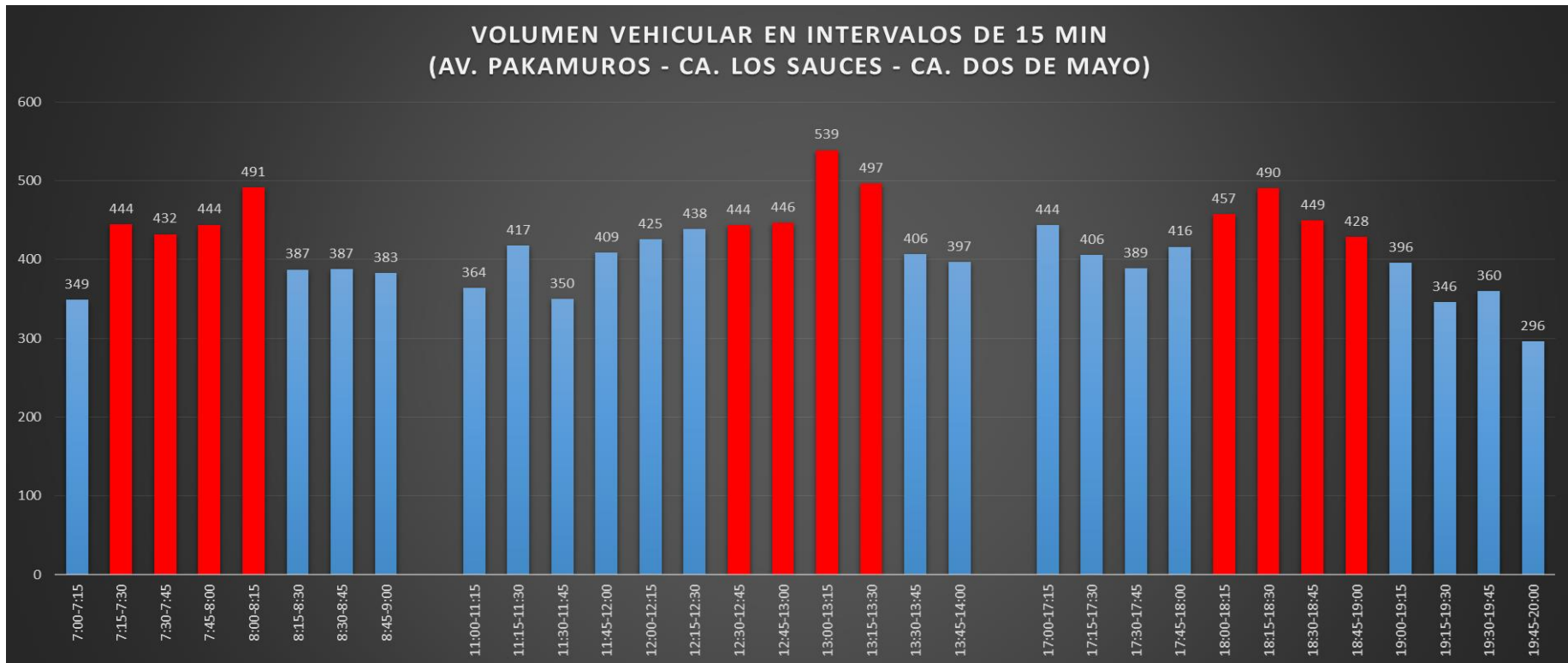
<b>DÍA</b>	<b>CUADRO TOTAL DE VEHICULOS POR DÍA</b>				<b>TOTAL</b>
	<b>SENTIDOS</b>				
	<b>N-S</b>	<b>S-N</b>	<b>E-O</b>	<b>0-E</b>	
Lunes 08/04/ 2019	5422	4677	1379	1849	13327
Miércoles 10/04/2019	5040	4451	1442	1636	12569
Viernes 12/04/2019	5222	4625	1420	1566	12833

Fuente: Elaboración Propia

Los aforos de los días trabajados en la presente investigación se muestran en los anexos A 3 hasta A 14.

c) Determinación de la Hora Pico

Para la determinación de la hora pico se realizó una Tabla estadística de barras, que relaciona volumen vehicular con intervalos de tiempo cada 15min. Notar que las barras de mayor volumen vehicular se encuentran resaltadas de rojo; entonces las horas picos determinadas son las siguientes: 07:15 – 08:15, 12:30 – 13:30 y 18:00 – 19:00.



**Figura 15.** Volumen Vehicular en Intervalos de 15min (Día Lunes)

Fuente: Elaboración Propia

d) Resumen de Aforo en Volúmenes por Acceso en la Intersección

Una vez llenado los formatos de aforo vehicular por sentido, se procedió a introducir los datos obtenidos en la hoja de resumen de Flujo Vehicular Total por Acceso, en periodos de 15 min durante el periodo establecido para el aforo vehicular del día lunes, para así poder establecer el factor de hora pico. Para mejor entendimiento se presentan los aforos vehiculares completos, clasificados por acceso, carril y movimiento, en el Anexo A 15.

A continuación, se muestra un resumen de aforo en volúmenes por acceso, detallando las horas pico de la mañana, tarde y noche que fueron determinadas anteriormente.

Tabla 10  
*Resumen de Aforo en Volúmenes por Acceso*

<b>RESUMEN DE AFORO EN VOLÚMENES POR ACCESO</b>						
<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>AV.PAKAMUROS</b>	<b>CA. LOS SAUCES</b>	<b>CA. DOS DE MAYO</b>	<b>TOTAL (15MIN)</b>		
<b>HORAS PUNTA</b>	<b>HORA</b>	<b>N - S</b>	<b>S - N</b>	<b>E - O</b>	<b>O - E</b>	
<b>H.P. MAÑANA</b>	7:15-7:30	175	152	59	59	444
	7:30-7:45	169	160	47	55	432
	7:45-8:00	167	162	58	57	444
	8:00-8:15	199	177	49	66	491
<b>H.P. TARDE</b>	12:30-12:45	185	149	48	62	444
	12:45-13:00	193	137	51	66	446
	13:00-13:15	220	189	48	83	539
	13:15-13:30	199	186	40	71	497
<b>H.P. NOCHE</b>	18:00-18:15	204	150	49	54	457
	18:15-18:30	212	148	42	89	490
	18:30-18:45	181	149	55	64	449
	18:45-19:00	169	151	46	62	428
<b>TOTAL</b>	H.P. MAÑANA	710	651	213	237	
	H.P. TARDE	796	661	187	282	
	H.P. NOCHE	766	598	192	269	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidas las horas pico y los volúmenes totales, se procedió a determinar la composición vehicular de la intersección analizada, que se detalla a continuación en el Tabla N° 11.

Tabla 11  
 Porcentaje de Vehículos en Horas Pico

TIPO DE VEHICULO	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS EN HORAS PUNTA					
	INTERSECCIÓN AV PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES					
	7:15 - 8:15		12:30 - 13:30		18:00 - 19:00	
MOTOTAXI	2874	59.65%	2748	54.08%	2433	50.60%
MOTO LINEAL	1591	33.02%	1916	37.71%	1981	41.20%
AUTO	96	1.99%	115	2.26%	117	2.43%
CAMION	48	1.00%	57	1.12%	66	1.37%
CAMIONETA	141	2.93%	183	3.60%	155	3.22%
MINIVAN	47	0.98%	42	0.83%	38	0.79%
ÓMNIBUS	1	0.02%	1	0.02%	2	0.04%
TRAILER	17	0.35%	13	0.26%	12	0.25%
MAQ. PESADA	3	0.06%	6	0.12%	4	0.08%
<b>TOTAL</b>	<b>4818</b>	<b>100.00%</b>	<b>5081</b>	<b>100.00%</b>	<b>4808</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se realizó una comparación del flujo vehicular en las horas pico de la mañana, tarde y noche, con la finalidad de observar el comportamiento y así determinar cuál es el horario más cargado de entre los tres.

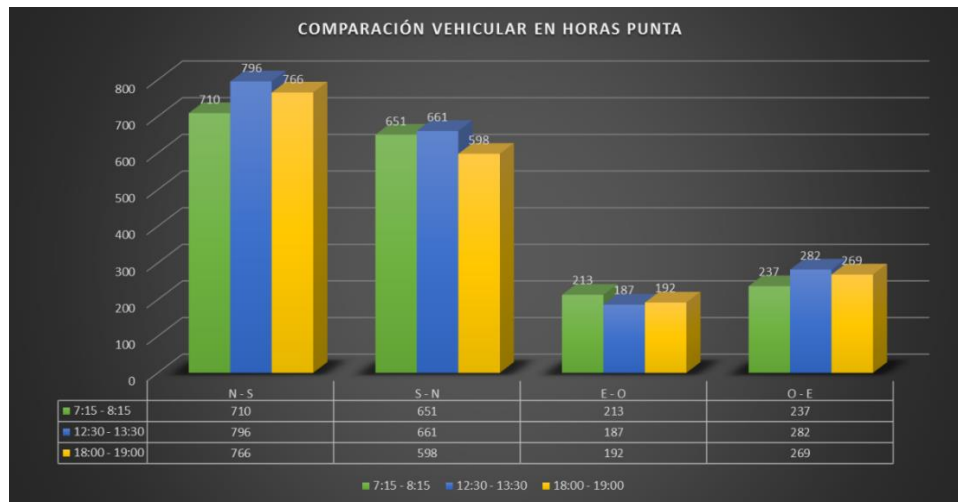


Figura 16. Comparación Vehicular en Horas Punta

Fuente: Elaboración Propia

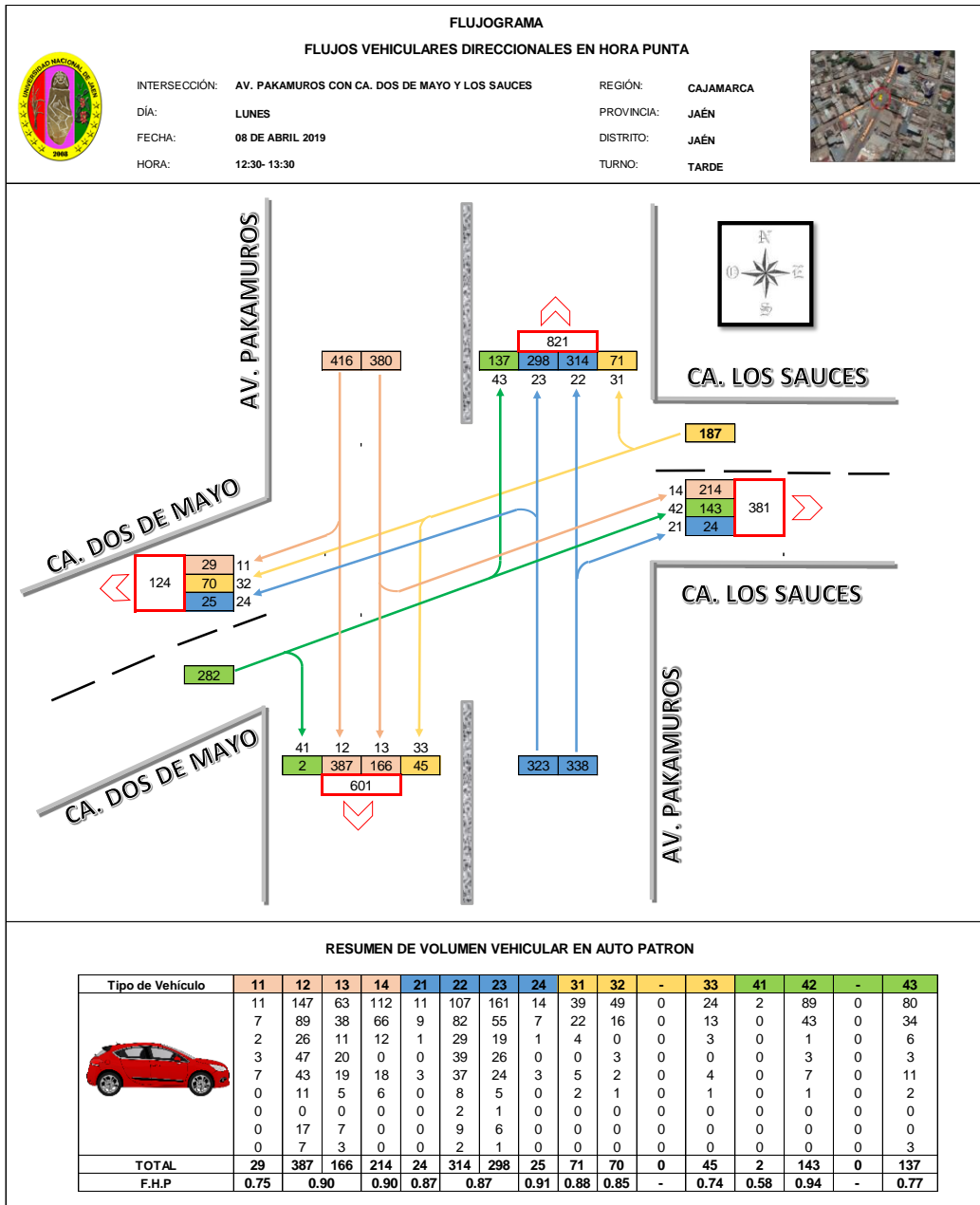
#### e) Flujograma de Momento Crítico

De la figura N° 16, se puede notar que para las diferentes horas pico y por sentido el flujo vehicular varía sutilmente, siendo el más crítico la tarde.

A continuación, la figura N° 17, muestra el flujograma de periodo más crítico, con el que se realizó el modelado vial en los capítulos siguientes. Resaltar que en el flujograma se presentan parámetros muy relevantes como:

- Volumen total por acceso en autos patrón.
- Factores horarios de máxima demanda o llamado también factor de hora pico (FHP).

Para mejor alcance los flujogramas de la hora pico de la mañana, tarde y noche, la composición vehicular y el comportamiento del flujo en las horas estudiadas, dirigirse a los Anexos A 16 hasta A 18.



**Figura 17.** Flujograma de Hora Pico (tarde)

Fuente: Elaboración Propia

f) Tasa de Flujo de Saturación en Condiciones Ideales (So)

Siguiendo la metodología del HCM 2010, menciona que el Flujo de saturación ideal es 1900Veh/h, por lo tanto se tomó esta recomendación para cálculos posteriores.

g) Buses Locales que paran y Numero de Estacionamientos cercanas a la intersección

No se presentaron casos de paradas de buses en la vía por cargar y descargar pasajeros, ya sea antes o después de la intersección. Adicional, el número de maniobras de estacionamiento ya sea de salida o entrada de igual manera no fue observado y se determinó que no existen estacionamientos en ningún acceso.

La Tabla N° 12, presenta el resumen de datos de paradas y maniobras de estacionamiento obtenidos en cada acceso de la intersección.

Tabla 12  
*Cantidad de Paradas y Maniobras de Estacionamiento*

NOBRE DE LA VIA	ACCESO	CANTIDAD DE PARADAS Y MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO BUSES QUE			RESPETADO	MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO/ HORA (Nm)
		PARAN/HORA (Nb)	ESTACIONAMIENTOS			
AV. PAKAMUROS	Norte (N)	0	No permitido	SI	0	
	Sur (S)	0	No permitido	SI	0	
CA. LOS SAUCES	Este (E)	0	No permitido	SI	0	
CA. DOS DE MAYO	Oeste (O)	0	No permitido	SI	0	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.3.2. Aforo Peatonal en la Intersección Analizada

El aforo peatonal se realizó usando la técnica manual, para ello nos ubicamos estratégicamente en varios puntos de la intersección con el fin de realizar correctamente el aforo.

El aforo peatonal se llevó a cabo los días: Lunes 08, miércoles 10 y viernes 12 de Abril del 2019, durante tres momentos por cada día, desde las 07:00 – 09:00, 11:00– 14:00, 17:00 – 20:00 horas, abarcando el volumen peatonal de los días típicos de la semana para la ciudad de Jaén. El aforo se realizó en periodos de 15 min durante los horarios establecidos; por lo tanto bastaría identificar o determinar el momento más crítico del aforo vehicular para saber



con qué momento y día del aforo peatonal trabajar; que en nuestro caso se determinó que es el día lunes en su hora pico tarde.

La siguiente figura muestra la ubicación estratégica de los responsables del aforo en cada acceso.



**Figura 18.** Aforo Peatonal de la Intersección

Fuente: Elaboración Propia

#### h) Formato de Aforo Peatonal

El formato de aforo peatonal que se utilizó es como se muestra en el anexo A2, donde se consideró el cruce de peatones por los cuatro accesos: Norte, Sur, Este y Oeste que tiene la intersección analizada; esto con el fin de determinar la interferencia que hay entre los peatones y los giros a la derecha o izquierda que hacen los vehículos.

Señalar que la intersección analizada no cuenta con ciclo vías, por lo que el aforo del mismo es cero y por ende, solo se realizó el aforo peatonal.



i) Resumen de Aforo Peatonal

A continuación, se muestra un resumen del aforo de peatones por cada acceso y en horas pico.

Tabla 13  
*Resumen de Aforo Peatonal*

<b>RESUMEN DE AFORO PEATONAL POR ACCESO</b>					
<b>INTERSECCIÓN</b>			<b>HORA PUNTA / PERIODO</b>		
			<b>H.P Mañana 7:15 - 8:15</b>	<b>H.P Tarde 12:30 - 13:30</b>	<b>H.P Noche 18:00 - 19:00</b>
<b>Av. Pakamuros</b>	<b>Total de Peatones por Hora/ Acceso</b>	<b>NORTE</b>	14	34	41
		<b>SUR</b>	32	25	48
<b>Ca. Los Sauces</b>		<b>ESTE</b>	37	32	60
<b>Ca. Dos de Mayo</b>		<b>OSTE</b>	30	32	19

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3.3. Estudio de la Velocidad de Aproximación

En el Tabla N° 14, se detalla un resumen de la velocidad de aproximación por cada acceso, para la obtención de este dato se fue anotando el tiempo que tardan los vehículos en cruzar la intersección, y la distancia de cruce. Finalmente con las ecuaciones [1] y [2] se calculó la velocidad temporal y espacial, siendo esta última la velocidad recomendada por el HCM 2010 para el estudio.

Para mayor detalle ver los cálculos de la velocidad en el Anexo C 1.

Tabla 14  
*Resumen de Velocidad de Aproximación*

<b>RESUMEN VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN</b>			
<b>FASE N°</b>	<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	<b>ACCESO</b>	<b>VEL. APROX. (KM/H)</b>
1	Av. Pakamuros	Norte (N) Sur (S)	13.63
2	Ca. Los Sauces Ca. Dos de Mayo	Este (E) Oeste (O)	12.49

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.4. Estudio de Condiciones Semafóricas

Para el estudio de las condiciones de semaforización se empleó instrumentos de medición como: cronómetro y cámara de video, de esta manera se obtuvo grabaciones de los ciclos de los semáforos durante un periodo de 15 minutos en la intersección, luego en gabinete se analizó las fases de los semáforos y se obtuvo datos correspondientes.

Los datos fueron tomados en campo, donde se observó que los semáforos funcionan con tiempos fijos, además de que el estado de éstos es paupérrimo. Se logró constatar también que no se cuenta con semáforos peatonales.

De los datos que se trabajaron en gabinete, pudimos identificar dos fases (Fase 1 – Acceso Norte y Sur, fase 2 – Acceso Este y Oeste), también se determinó que las fases poseen un tiempo de todo rojo  $TR = 0.5$  seg, de igual manera el tiempo de despeje o tiempo de entre verde en la intersección es  $Y = 3$  seg.

A continuación, se muestra un resumen de los datos obtenidos:

Tabla 15  
*Duración de la Fases de la Intersección*

FASE N°	NOMBRE DE LA VÍA	ACCESO	DURACIÓN DE FASES				LONGITUD DE CICLO
			VERDE	AMBAR	TODO ROJO	ROJO	
1	Av. Pakamuros	Norte (N) Sur (S)	21	2.5	0.5	24	48
2	Ca. Los Sauces Ca. Dos de Mayo	Este (E) Oeste (O)	21	2.5	0.5	24	48

Fuente: Elaboración Propia

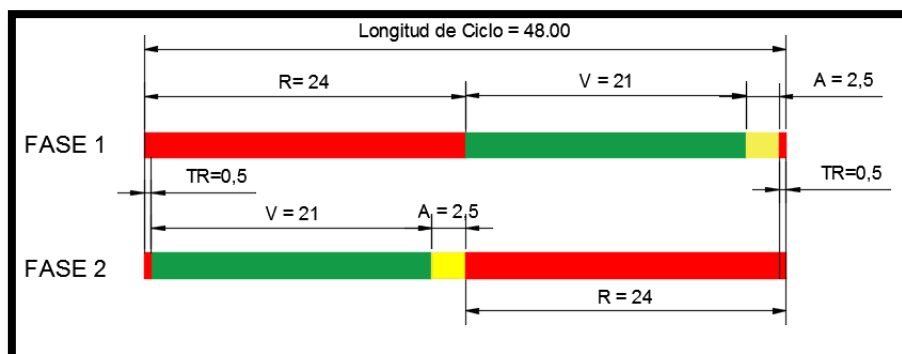


Figura 19. Diagrama de Tiempos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16  
*Datos complementarios de las Fases de la Intersección*

FASE N°	NOMBRE DE LA VÍA	DATOS COMPLEMENTARIOS DE FASES				
		ACCESO	TIPO DE OPERACIÓN	BOTON PEATONAL	VERDE PEATONAL	PLAN DE FASES
1	Av. Pakamuros	N - S	Constante	No	No	No
		S - N				
2	Ca. Los Sauces Ca. Dos de Mayo	E - O	Constante	No	No	No
		O - E				

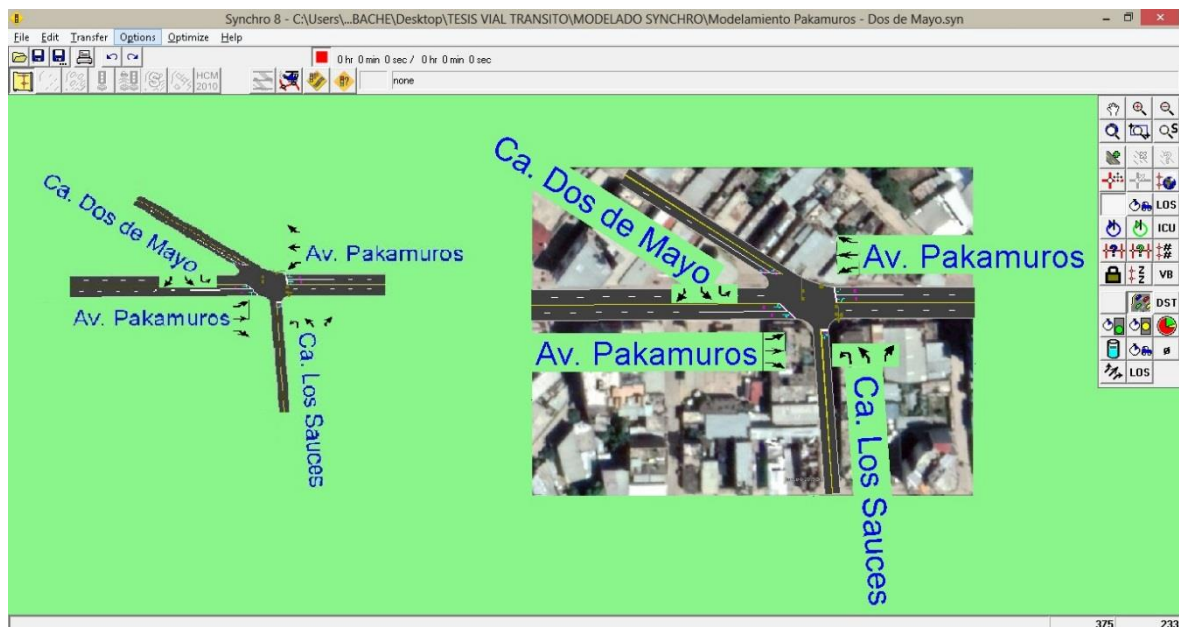
Fuente: Elaboración Propia

### 3.8 Procesamiento de la Información

#### 3.8.1 Situación actual aplicando el software Synchro 8.0

En este acápite se detalla el procedimiento a seguir como el ingreso de datos, ajuste de la oferta, ajuste de la demanda vehicular, determinación de la capacidad y medidas de eficiencia como las demoras y el nivel de servicio; con la finalidad de evaluar la situación actual del área de estudio.

En primer lugar, identificar la zona donde se ubica el área de estudio y trazar la intersección analizada, teniendo en cuenta las condiciones geométricas (número de carriles, ancho promedio de carriles, pendiente, movimientos permitidos) encontradas en campo.



**Figura 20.** Trazado de la intersección analizada en la ventana de mapa del software

Fuente: Elaboración Propia

Tener en cuenta que la velocidad a trabajar es de 30 km/h, la cual está estipulada por el Reglamento Nacional de Tránsito.

La figura N° 21, muestra la configuración de carril (Lane Settings), donde permite considerar las condiciones geométricas del área analizada tales como: el sentido de flujo (un sentido o dos), número de carriles, volumen de tráfico, distancia de cada tramo de vía, velocidad, el flujo de saturación ideal, ancho de carril, pendiente, tipo de área.

Los valores que muestra la siguiente figura en color azul, son los resultados obtenidos como el factor de utilización de carril, factores de giro a la derecha e izquierda, factores de giro por volumen de peatones y bicicletas y el flujo de saturación ajustado.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL2	NBL	NBR	SEL	SER	SER2
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕			↕↕			↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	25	612	24	214	553	29	45	70	71	137	143	2
Street Name	Av. Pakamuros			Av. Pakamuros			Ca. Los Sauces			Ca. Dos de Mayo		
Link Distance (m)	—	135.6	—	—	70.8	—	—	88.7	—	109.5	—	—
Links Speed (km/h)	—	30	—	—	30	—	—	30	—	30	—	—
Set Arterial Name and Speed	— EB			— WB			— NB			— SE		
Travel Time (s)	—	16.3	—	—	8.5	—	—	10.6	—	13.1	—	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	2.4	2.4	2.4
Grade (%)	—	-1	—	—	1	—	—	0	—	0	—	—
Area Type CBD	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.994	—	—	0.994	—	—	0.950	—	1.000	0.850	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.998	—	—	0.987	—	—	0.970	—	0.950	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3231	—	—	3163	—	—	1534	—	1408	1260	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.909	—	—	0.594	—	—	0.903	—	0.950	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	0.997	—	—	0.997	—	—	0.984	—	1.000	0.966	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	0.996	—	—	0.989	—	0.978	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2942	—	—	1896	—	—	1412	—	1376	1217	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	10	—	—	11	—	—	79	—	0	3	—
Link Is Hidden	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—

**Figura 21.** Configuración de geometría por carril (Lane Settings) de la intersección

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de volúmenes, el software nos permite ingresar volúmenes vehiculares mixtos, sin embargo optamos en homologar las diferentes tipologías vehiculares utilizando la unidad llamada “UCP”, que es la unidad equivalente a los automóviles. Al mismo tiempo introducir el volumen de peatones y bicicletas que entran en conflicto con los giros a la derecha o izquierda. Asimismo el factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados (en esta investigación es cero, por haber utilizado ucp), existencia de estacionamientos y número de maniobras de parqueo. La figura N° 22, muestra la configuración de volumen (Volume Settings), con lo descrito anteriormente.

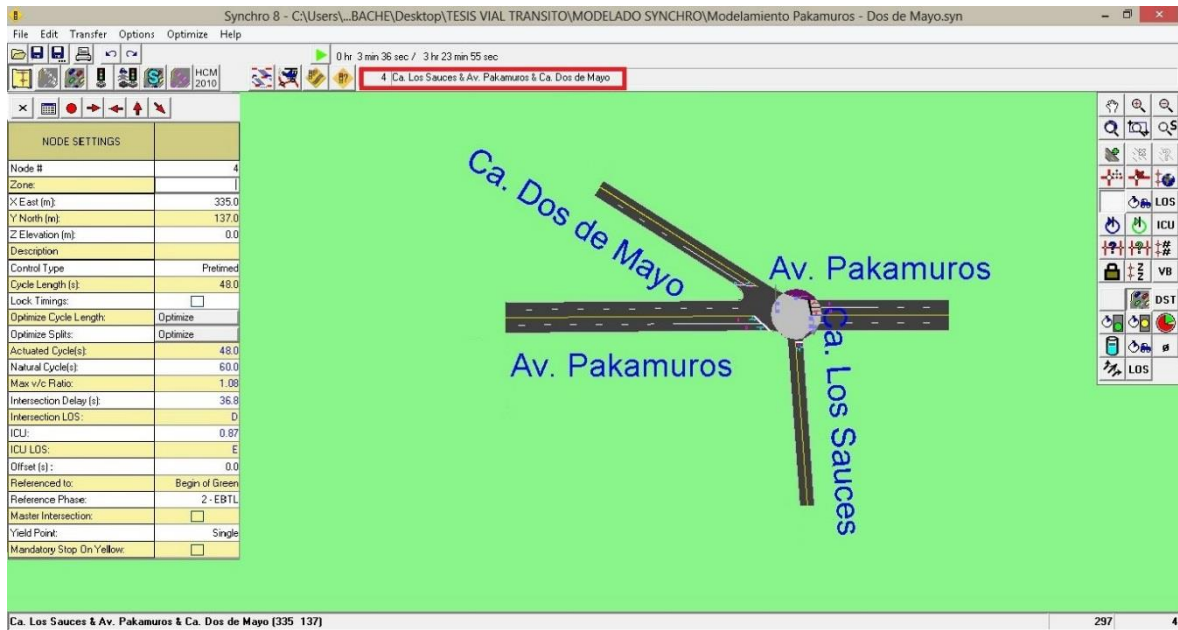
VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL2	NBL	NBR	SEL	SER	SER2
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕			↕↕			↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	25	612	24	214	553	29	45	70	71	137	143	2
Conflicting Peds. (#/hr)	32	—	32	32	—	32	25	0	34	34	0	25
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.82	0.87	0.84	0.89	0.88	0.79	0.74	0.86	0.85	0.80	0.94	0.58
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	0	—	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	30	703	29	240	628	37	61	81	84	171	152	3
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	762	0	0	905	0	0	226	0	171	155	0

**Figura 22.** Configuración de volumen (Volume Settings)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 23, se muestra la configuración de la intersección o nodo (Node Settings); en este acápite especificamos la longitud de ciclo, además ingresamos el tipo de control de la intersección; asimismo podemos optimizar la longitud del ciclo, como las fases de duración de la intersección sin afectar la longitud del mismo.

Los valores de color azul, nos indican los resultados tales como la longitud de ciclo, la relación volumen capacidad, demora, nivel de servicio (NDS) y la capacidad de utilización de la intersección (ICU).

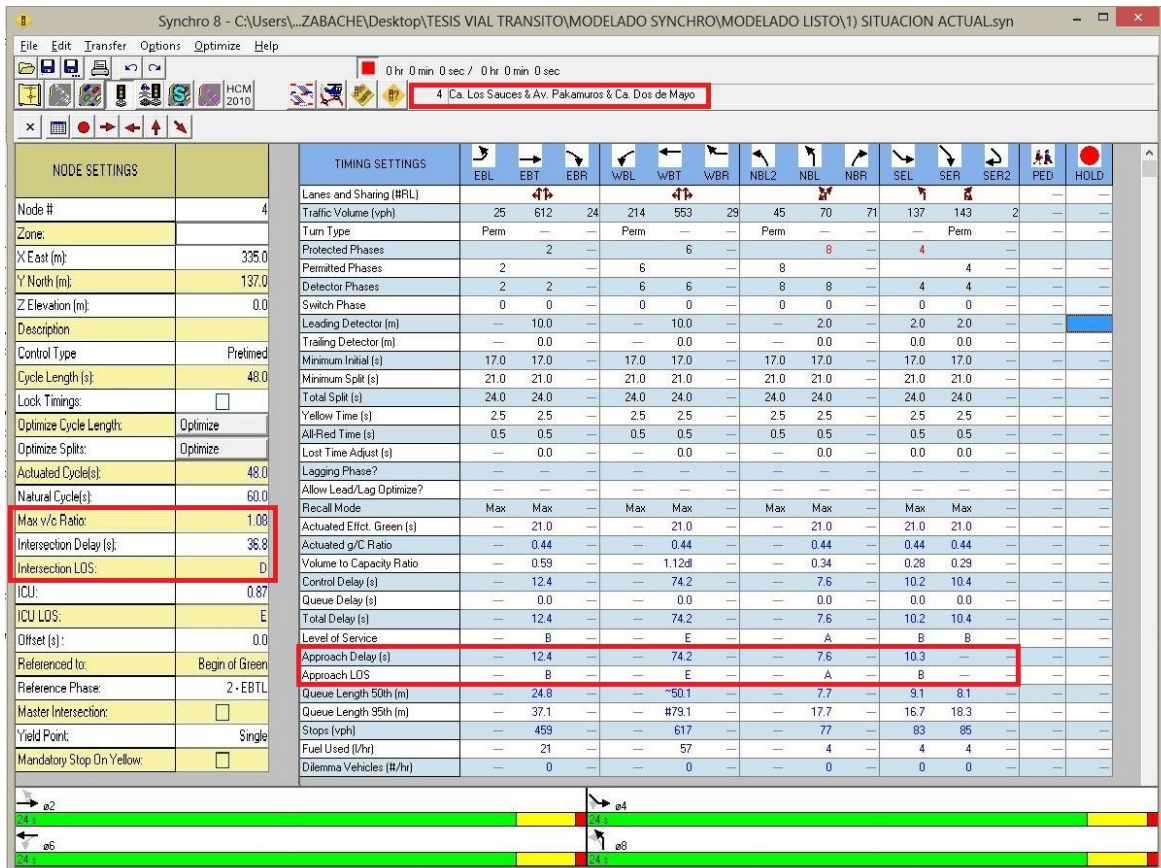


**Figura 23.** Configuración de la intersección o nodo (Node Settings)

Fuente: Elaboración Propia

En la información de entrada de los tiempos, se considera los movimientos permitidos, los tiempos máximos, mínimos por fase, el tiempo de luz amarilla, el tiempo todo rojo, las demoras por el dispositivo de control. La figura N° 24 presenta estos datos de entrada con un resumen a través del diagrama de fases de la intersección. Así mismo se observa los resultados en color azul donde resalta la demora y el nivel de servicio por cada acceso de la intersección.

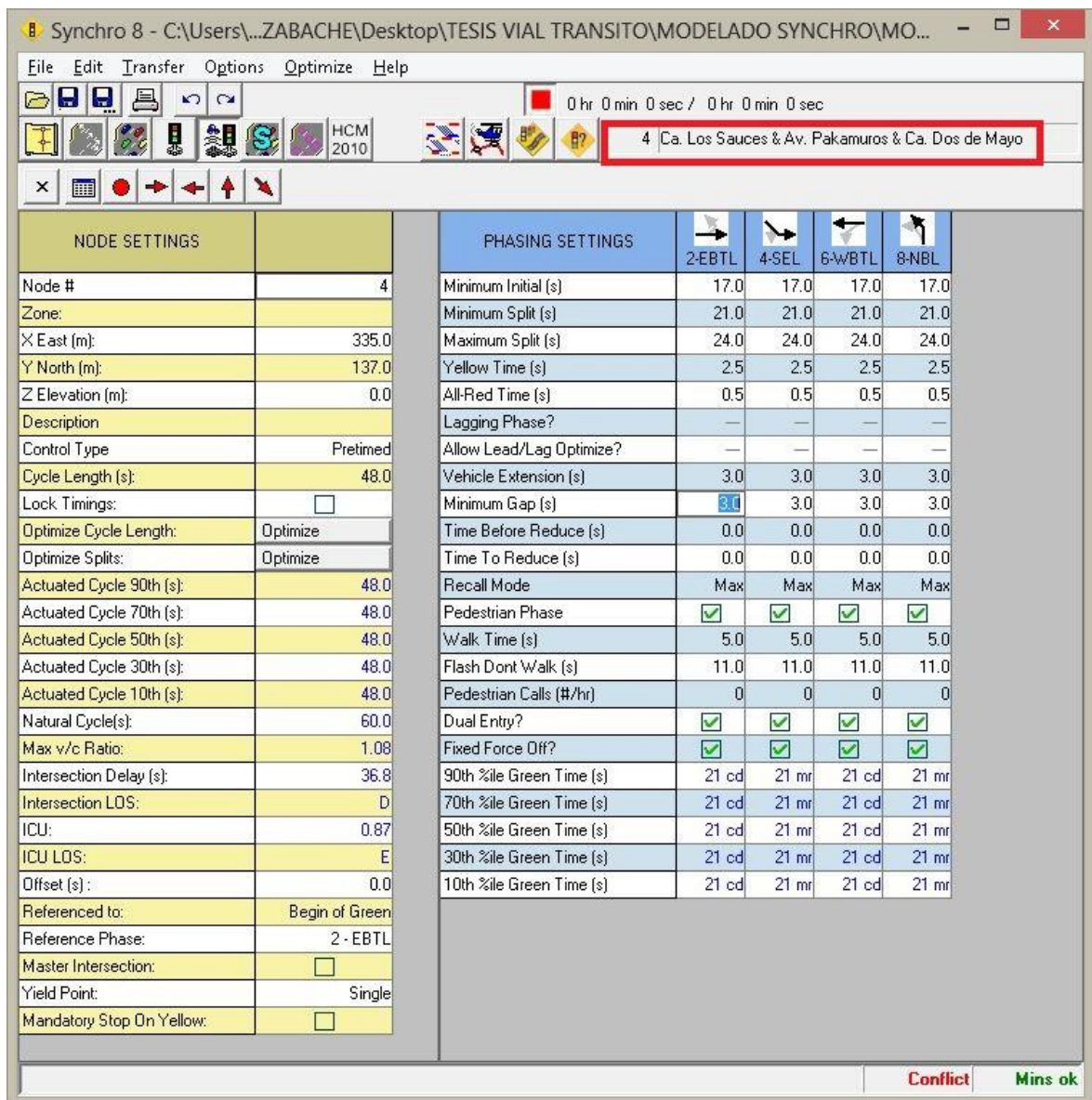




**Figura 24.** Configuración de tiempos (Timing Settings) de la intersección

Fuente: Elaboración Propia

En la ventana de configuración de fases, se ingresa el tiempo mínimo de cruce de la distancia que existe entre dos vehículos consecutivos, tiempo que demora por el deterioro de la intersección. La figura N° 25 muestra estos parámetros empleados.



**Figura 25.** Configuración de fases de la intersección.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la ventana de configuración de simulación ingresamos datos de longitud de carril adicional de almacenamiento (en la intersección analizada no existe, por ende es cero), ingreso de vehículos en una intersección bloqueada (también es cero), ancho de berma central, desfase de ejes de la vía, ancho de cruce peatonal y velocidades para giros tanto izquierda como derecha. La figura N° 26 muestra los datos considerados en la intersección analizada.



Synchro 8 - C:\Users\...ZABACHE\Desktop\TESIS VIAL TRANSITO\MODELADO SYNCHRO\MODELADO ...

File Edit Transfer Options Optimize Help

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

4 Ca. Los Sauces & Av. Pakamuros & Ca. Dos de Mayo

SIMULATION SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL2	NBL	NBR	SEL	SER	SER2
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕			↕↕			↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	25	612	24	214	553	29	45	70	71	137	143	2
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taper Length (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Right	Right
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	2.4	2.4	2.4
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	3.5	—	2.4	—	—
Link Offset (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	—	—
Crosswalk Width (m)	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—	4.8	—	—
TWLT Median	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—
Headway Factor	1.14	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.37	1.37	1.37
Turning Speed (km/h)	30	—	30	30	—	30	30	30	30	30	30	30
Mandatory Distance (m)	—	64.0	—	—	64.0	—	—	64.0	—	64.0	—	—
Positioning Distance (m)	—	249.9	—	—	249.9	—	—	249.9	—	249.9	—	—
Mandatory Distance 2 (m)	—	166.6	—	—	166.6	—	—	166.6	—	166.6	—	—
Positioning Distance 2 (m)	—	333.2	—	—	333.2	—	—	333.2	—	333.2	—	—

**Figura 26.** Configuración de simulación (Simulación Settings) de la intersección

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo D 1 se muestra la situación actual simulada en SimTraffic Animation (2D).

### 3.9 Alternativas De Solución

#### 3.9.1 Alternativa N° 01: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0

Una vez analizada la situación actual de la intersección, con el mismo estudio de las condiciones geométricas, de tránsito y semafóricas; se procedió a realizar la optimización semafórica utilizando el Software Synchro 8.0. Para ello, la ventana llamada Timing Settings, contiene los íconos de optimize splits (optimización de fases) como optimize cycle length (longitud total del ciclo).

La Figura N° 27 muestra la intersección sin optimizar, es decir con los valores calculados en la situación actual. Aquí se aprecia que la demora total en la intersección es de 36.8 seg, la relación volumen/capacidad es de 1.08 y la longitud de ciclo es de 48 seg, distribuidos por fase de acuerdo a la Tabla N° 15.

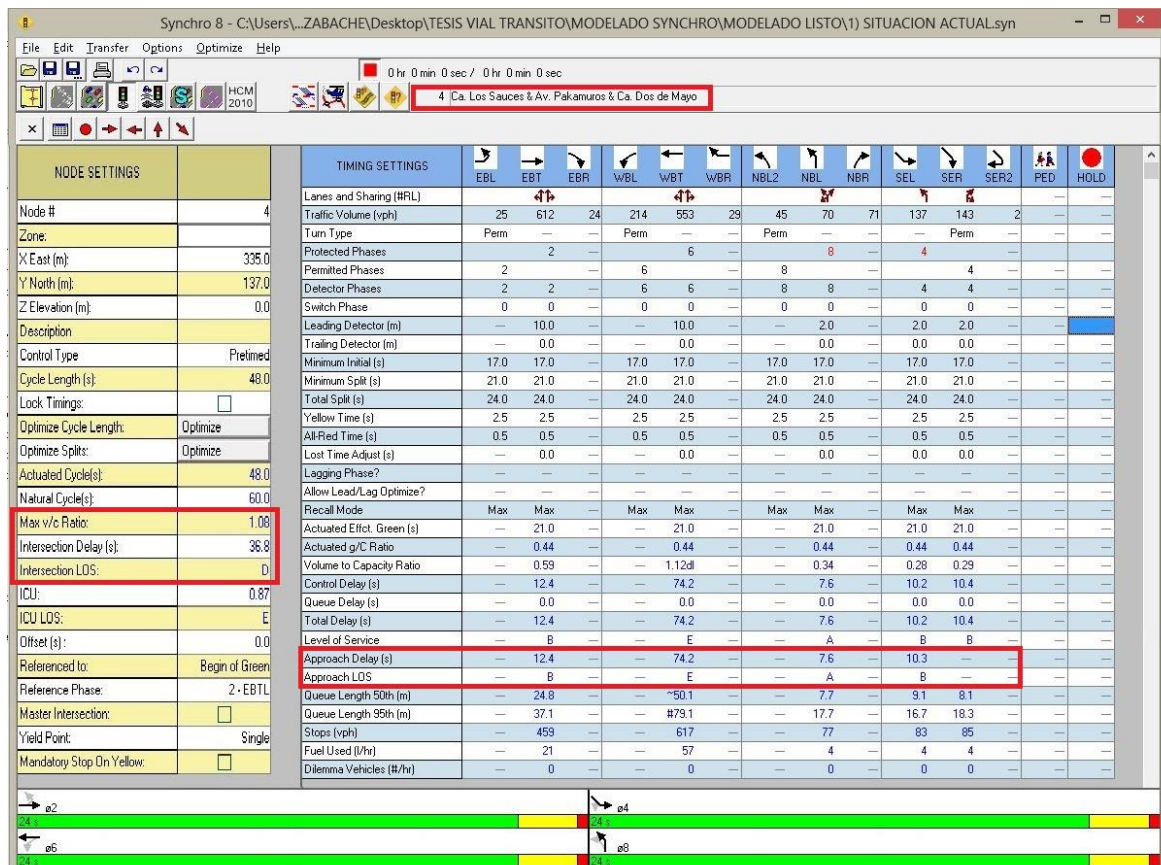


Figura 27. Intersección sin optimizar

Fuente: Elaboración Propia

La figura N° 28, indica los parámetros optimizados de la intersección, que a continuación se muestran. Como se puede apreciar la longitud de ciclo aumentó a 65 segundos, dando fluidez al tránsito; además la relación v/c bajó a 0.93, asimismo la demora total se redujo a 20.3 segundos; por ende el software nos presenta un nuevo diagrama de fases optimizada.

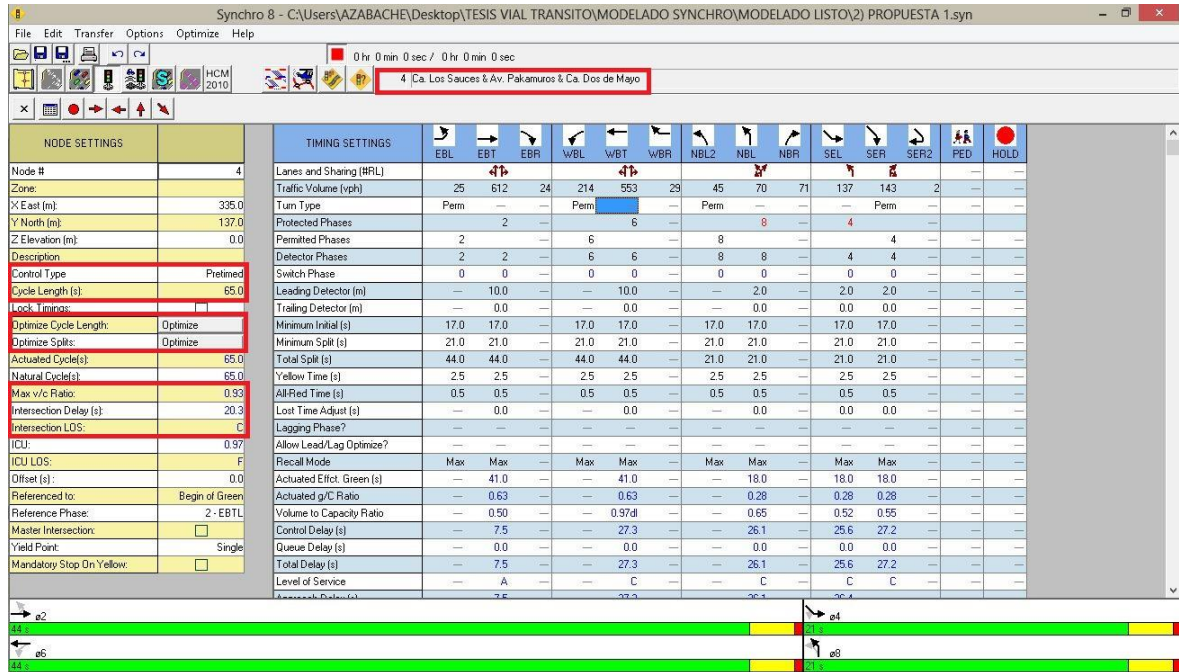


Figura 28. Resultados de la Optimización Semafórica

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente tabla presenta un resumen del diseño semafórico optimizado

Tabla 17  
Resumen del diseño semafórico optimizado

Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces		
FASES	I	II
Sentidos de Flujo	N-S / S-N	E-O / O-E
Velocidad de aproximación: V	30	
<b>Asignación de tiempo de luz verde y roja de cada fase</b>		
Tiempo de luz verde: V (seg)	44	21
Tiempo de luz ámbar: A (seg)	2.5	2.5
Tiempo de todo rojo: TR (seg)	0.5	0.5
Tiempo de luz roja: R (seg)	18	41
Longitud de ciclo (seg)	<b>65</b>	<b>65</b>

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo E 1 se muestra la Alternativa N° 1 simulada en SimTraffic Animation (2D).

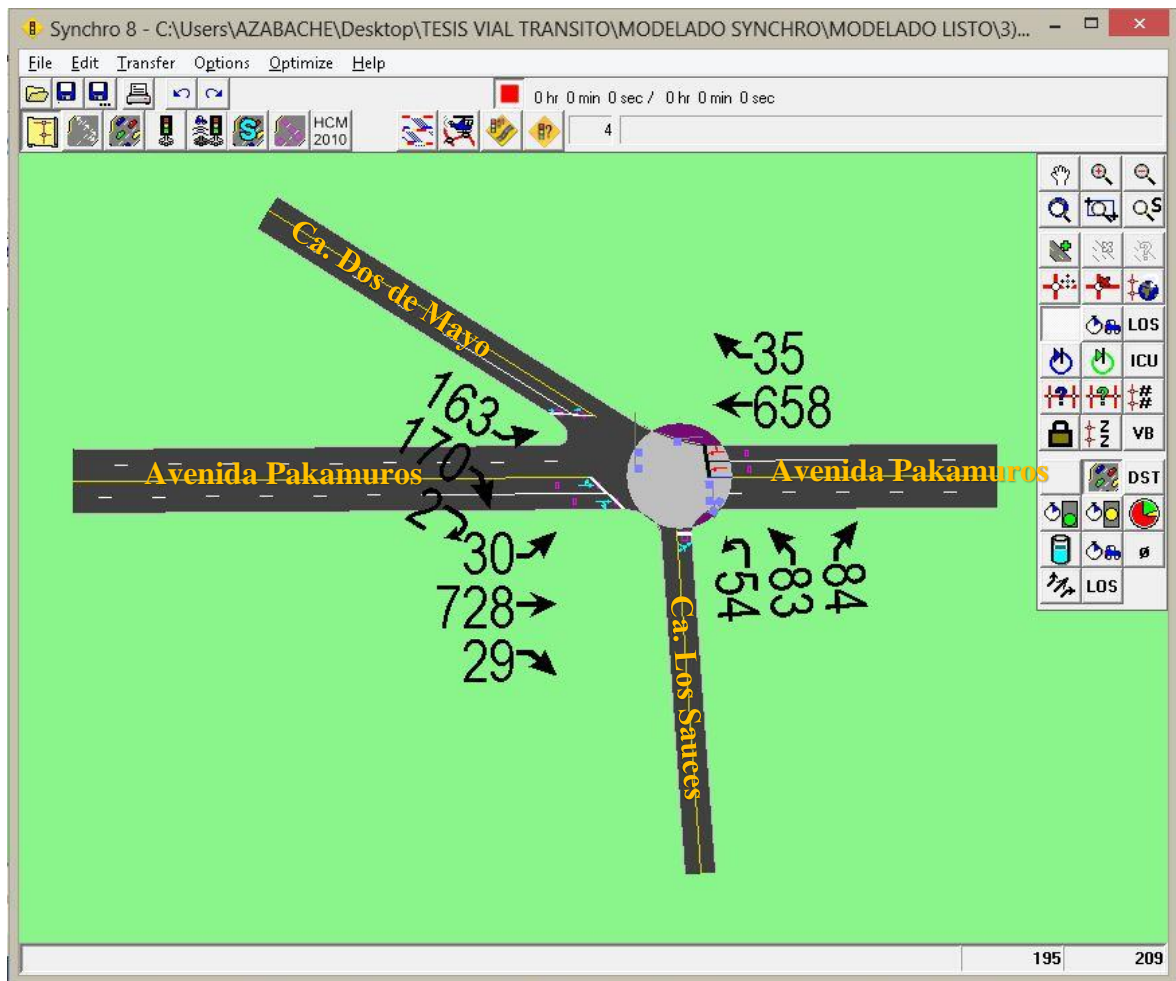
### 3.9.2 Alternativa N° 02: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros)

Una vez analizada la situación actual de la intersección, se pudo observar que el giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros) causa conflicto y genera caos vehicular. En base a ello, esta alternativa pretende eliminarlo con la finalidad de determinar un mejor nivel de servicio y para no alterar el volumen vehicular de dicho giro se optó por desviarlo hacia la Calle México que se encuentra dos cuadras antes de la intersección por el acceso norte. Para mayor detalle ir al anexo E 2.

Se eligió la Calle México porque esta tiene conexión con la avenida Pakamuros, pero no la atraviesa, evitando así generar una nueva intersección que conlleve a la instalación de dispositivos tales como semáforos que hacen que el tránsito vehicular se vea interrumpido. Además esta calle experimenta flujos vehiculares mínimos, y para hacer esto posible se tendrá que aperturar la avenida Pakamuros en dicho punto, ya que actualmente cuenta con bermas centrales que hacen imposible el giro a la izquierda por la calle mencionada. El modelado partió en función a los parámetros ya plasmados en la situación actual.

La Figura N° 30 muestra la zona donde se ubica el área de estudio, así como el trazado de la intersección analizada, teniendo en cuenta las condiciones geométricas indicadas en la situación actual. Además se aprecia la eliminación del giro ya detallado con anterioridad.

Cabe recalcar que los volúmenes mostrados a continuación están proyectados a 10 años de acuerdo al factor de crecimiento vehicular.



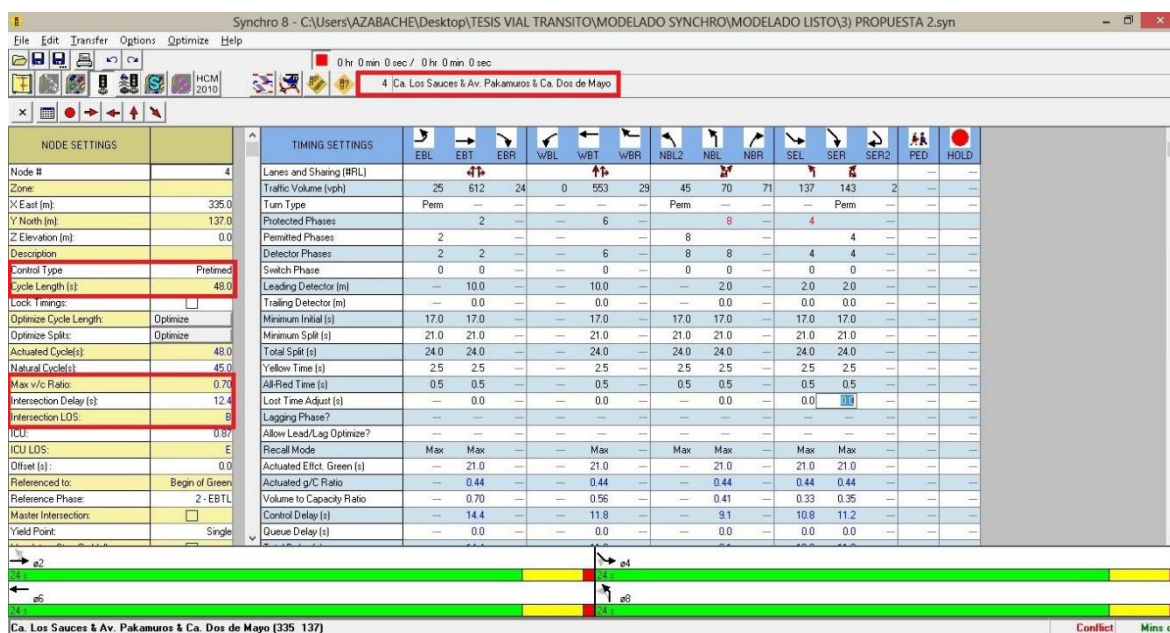
**Figura 29.** Trazado de la intersección incluida la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros)

Fuente: Elaboración Propia

En la información de entrada de los tiempos, se toma en cuenta los movimientos permitidos, los tiempos máximos, mínimos por fase, el tiempo de luz amarilla, el tiempo todo rojo, las demoras por el dispositivo de control.

La figura N° 30 muestra la intersección, con la alternativa planteada, es decir con los valores calculados eliminando el giro a la izquierda en el Acceso Norte. Aquí se aprecia que la demora total en la intersección es de 12.4 seg, la relación volumen/capacidad es de 0.70 y la longitud de ciclo es de 48 seg.





**Figura 30.** Resultados de la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros)

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo E 4 se muestra la Alternativa N° 2 simulada en SimTraffic Animation (2D).

### 3.9.3 Alternativa N° 03: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público

Actualmente en Jaén, no existe un transporte público que ayude a mitigar el exceso de vehículos menores, el cual representa un 91.79%. Es por ello que la alternativa N° 03 consiste en la sustitución de estos a transporte público a un 25%, 50% y 75%. Este criterio es aplicado a todos los accesos, sin considerar los giros a la derecha e izquierda que éstos poseen, debido a que sus volúmenes son muy bajos.

Teniendo en cuenta el análisis de usuarios que ocupan los vehículos a considerar en esta alternativa, a continuación se explica el proceso de obtención de buses de transporte público en porcentaje:

Un auto patrón puede trasladar un máximo de cuatro usuarios, entonces considerando que el vehículo en promedio circula con 50% de su capacidad, es decir dos usuarios y siguiendo con esta consideración para los buses, que un bus "titan urbano nodasa" de capacidad de 49 asientos, por lo tanto al 50% de su capacidad, tendríamos 25 usuarios por bus.



**Figura 31.** Bus "Titan Urbano Nodasa"

Fuente: <http://www.mtbingenieros.com.pe>

Por lo tanto:

$$1 \text{ bus} \cong 25 \text{ usuarios}$$

$$1 \text{ auto patrón} \cong 2 \text{ usuarios}$$

$$\therefore \text{N}^\circ \text{ de autos equivalentes a Bus} = 25/2 = 12.5$$

La tabla N° 18 muestra el cálculo y el porcentaje final de buses a considerar en el software para su modelación.

**Tabla 18**  
*Cálculo de % de Vehículos para Alternativa N° 03*

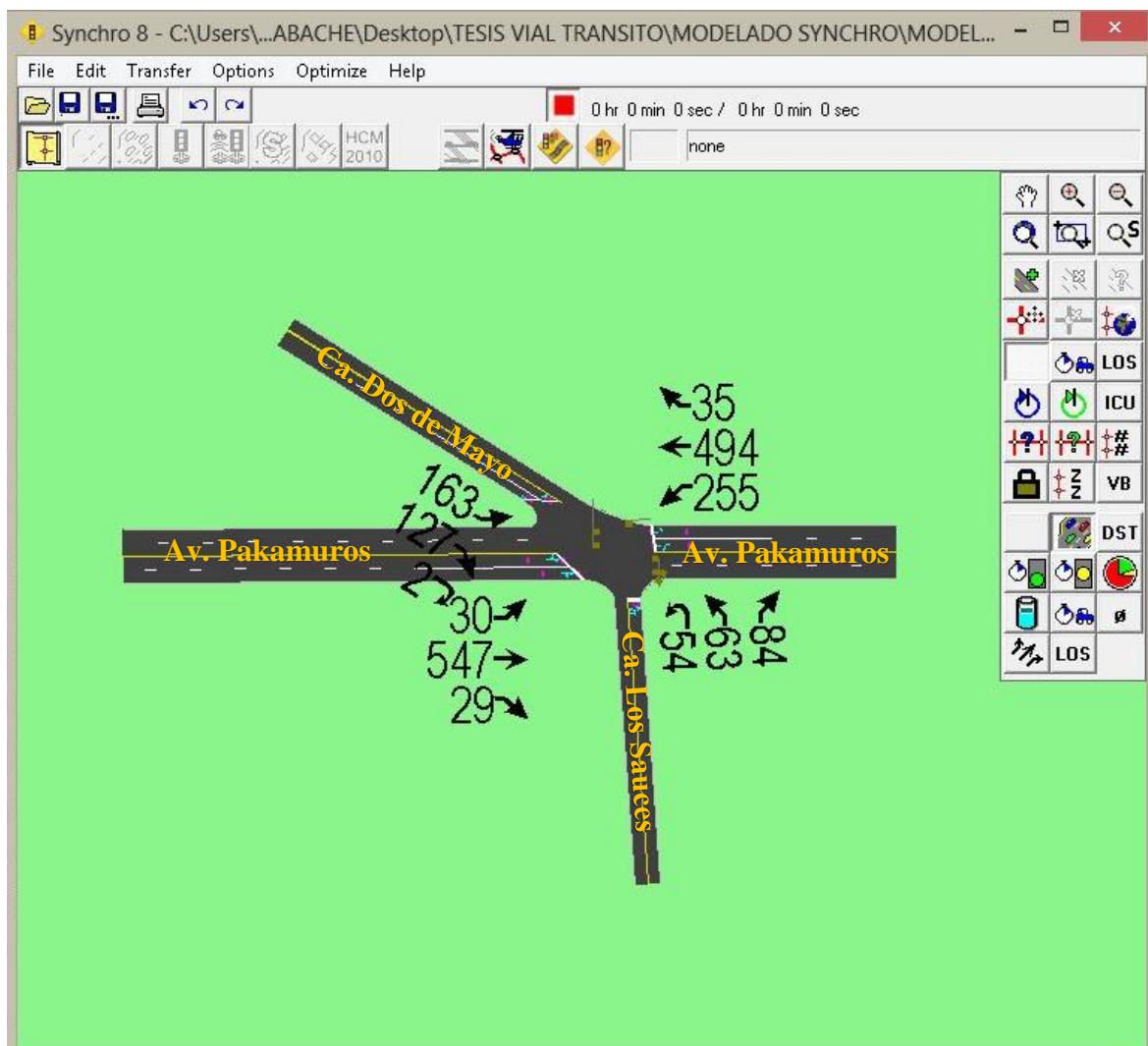
RESUMEN DE % DE VEHICULOS PARA ALTERNATIVA N°03																		
	Autos Patrón						Autos Patrón						Autos Patrón					
	12	13	22	23	32	42	12	13	22	23	32	42	12	13	22	23	32	42
N° Autos Patron	387	166	314	298	70	143	387	166	314	298	70	143	387	166	314	298	70	143
%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Autos Reducidos a 75%						Autos Reducidos a 50%						Autos Reducidos a 25%						
N° Autos Patron	290	125	236	224	53	107	194	83	157	149	35	72	97	42	79	75	18	36
%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Sustitución a Bus 25%						Sustitución a Bus 50%						Sustitución a Bus 75%						
N° Autos Patron	97	42	79	75	18	36	194	83	157	149	35	72	290	125	236	224	53	107
%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
25% Autos a Bus						50% Autos a Bus						75% Autos a Bus						
N° de Buses	8	3	6	6	1	3	15	7	13	12	3	6	23	10	19	18	4	9
%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	6%	6%	6%	6%	6%	6%

Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que los porcentajes de sustitución de vehículos menores a buses representados en 25%, 50% y 75% equivalen a un 2%, 4% y 6%, respectivamente, siendo estos últimos porcentajes los que se ingresan al software para los respectivos cálculos.

- a) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 25% (equivalente a 2% de autos patrón a bus)

Explicadas las consideraciones previas para la alternativa N° 03, la Figura N° 32 muestra la zona donde se ubica el área de estudio, así como el trazado con el volumen final a considerar para la modelación, teniendo en cuenta las condiciones geométricas indicadas en la situación actual.



**Figura 32.** Trazado de la intersección con el porcentaje final al 25% de buses

Fuente: Elaboración Propia

En la información de entrada de los tiempos, se considera los movimientos permitidos, los tiempos máximos, mínimos por fase, el tiempo de luz amarilla, el tiempo todo rojo, las demoras por el dispositivo de control. La figura N° 33 muestra la intersección, con la



alternativa planteada, es decir con el porcentaje final del 25% de buses a considerar para la modelación. Aquí se aprecia que la demora total en la intersección es de 35.7 seg, la relación volumen/capacidad es de 1.07 y la longitud de ciclo es de 48 seg.

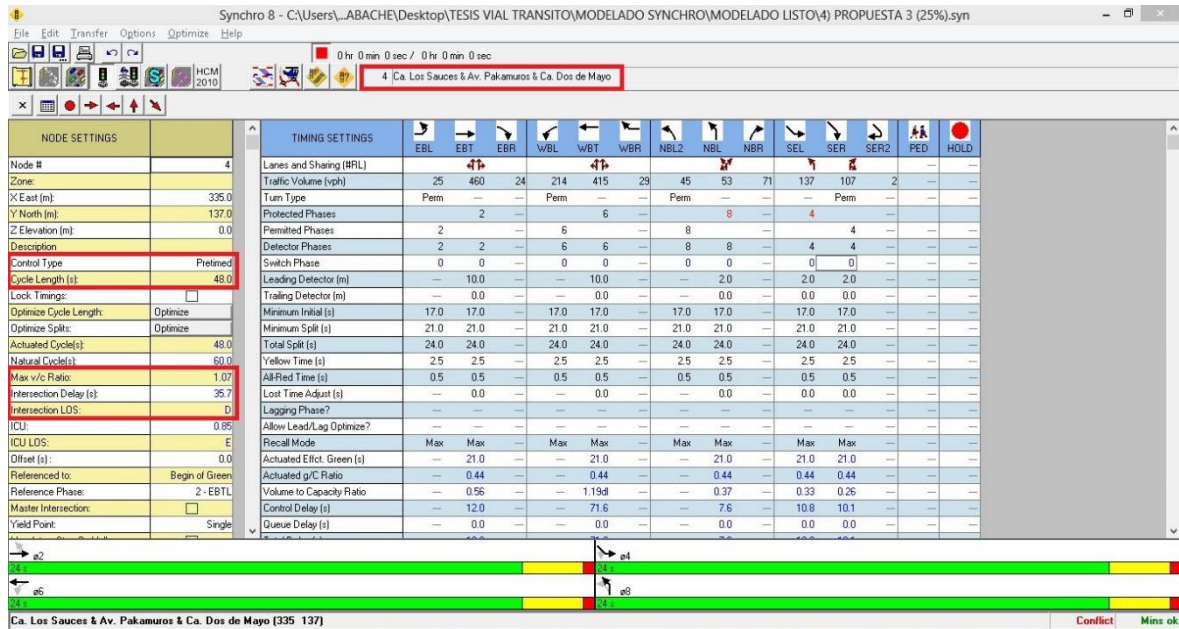
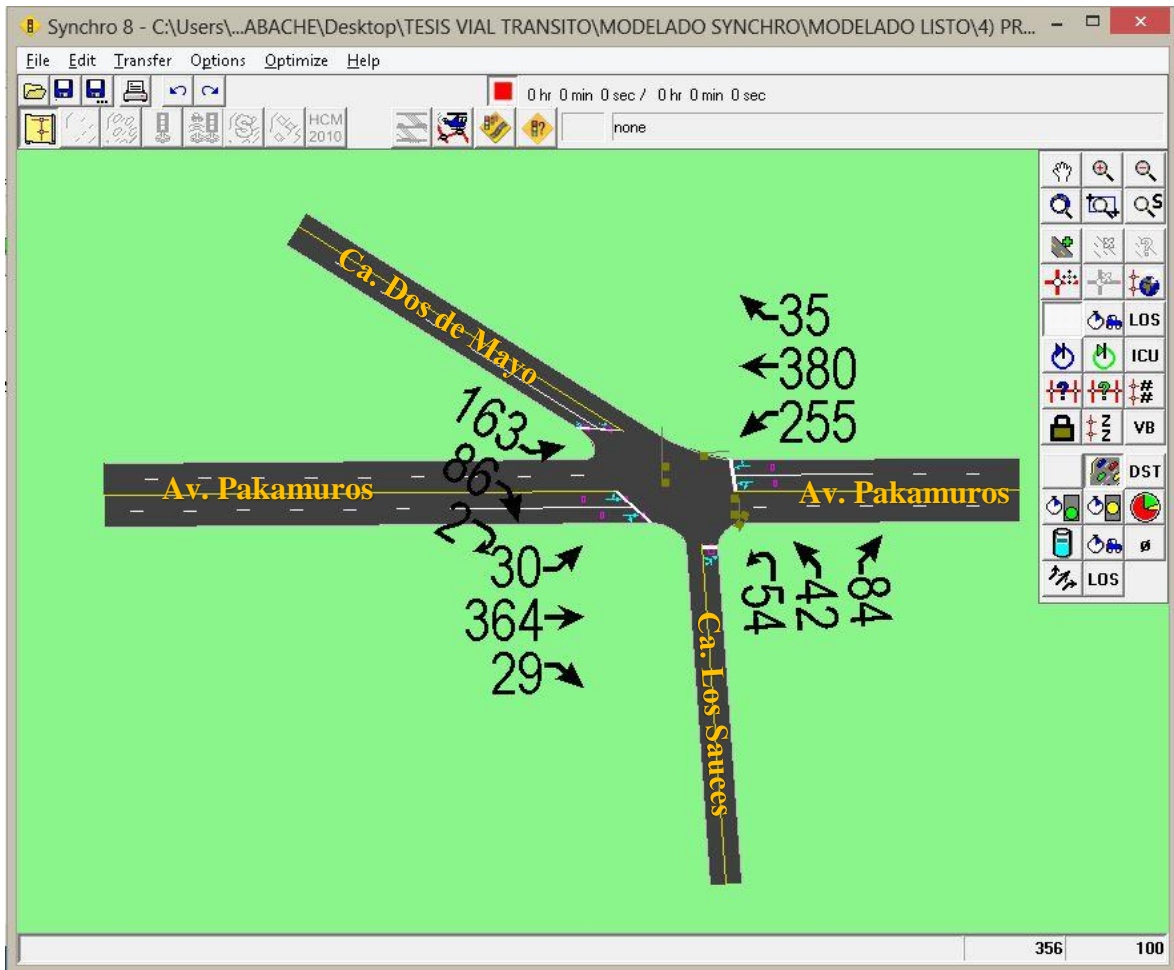


Figura 33. Resultados de la adición de transporte público al 25%

Fuente: Elaboración Propia

- b) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 50% (equivalente a 4% de autos patrón a bus)

La figura N° 34 muestra la zona donde se ubica el área de estudio, así como el trazado con el volumen final a considerar para la modelación.

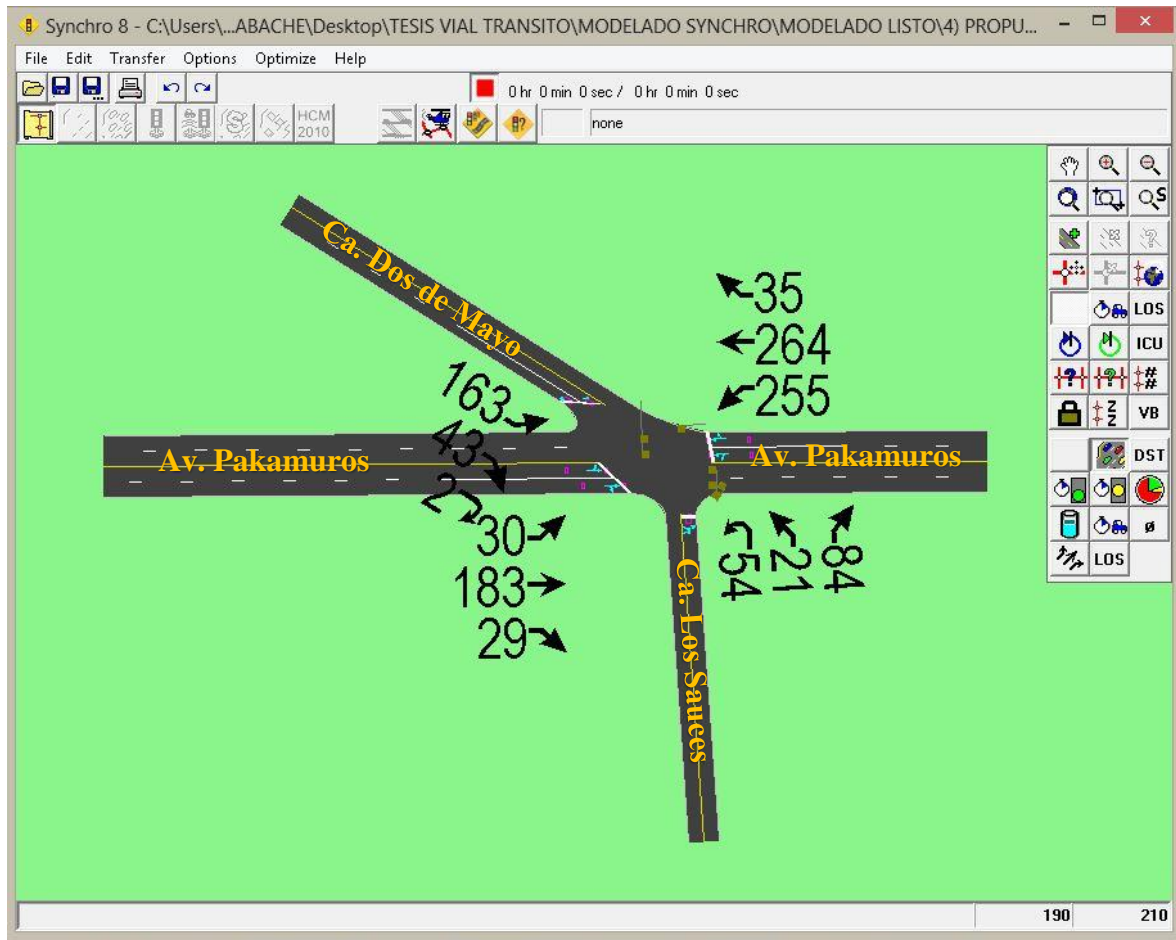


**Figura 34.** Trazado de la intersección con el porcentaje final al 50% de buses

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente figura muestra la intersección, con la alternativa planteada, es decir con el porcentaje final del 50% de buses a considerar para la modelación, obteniendo una demora total de 15.8 seg, relación volumen/capacidad de 0.85 y longitud de ciclo de 48 seg.

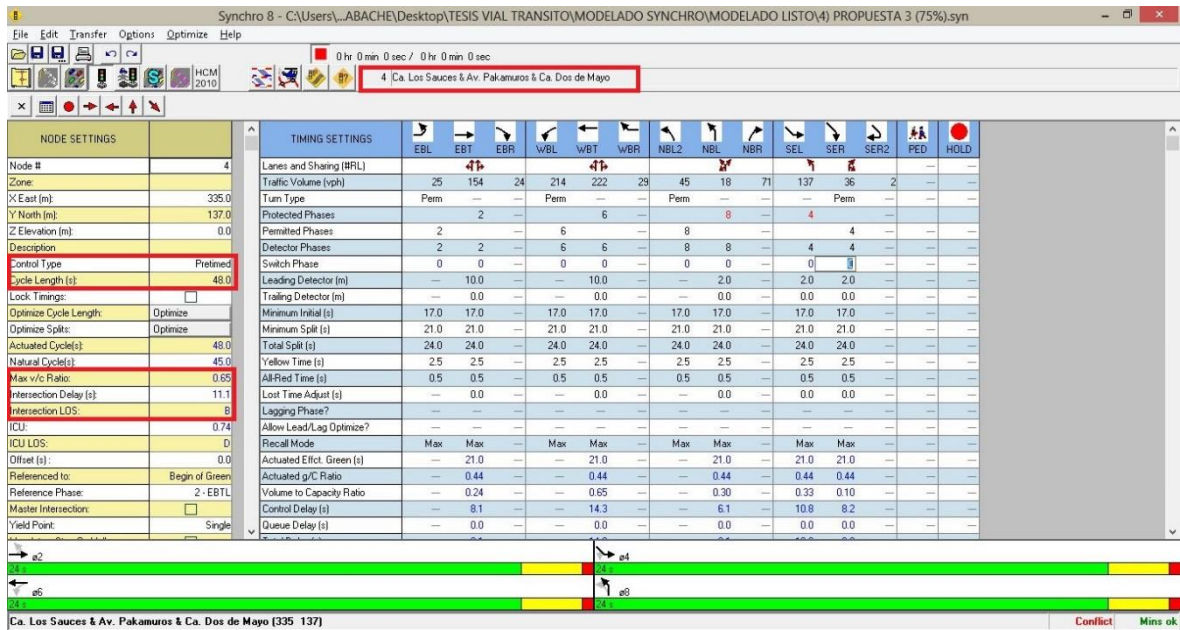




**Figura 36.** Trazado de la intersección con el porcentaje final al 75% de buses

Fuente: Elaboración Propia

La figura N° 37 muestra la intersección, con la alternativa planteada, es decir con el porcentaje final del 75% de buses a considerar para la modelación, obteniendo una demora de 11.1 seg, relación volumen/capacidad de 0.65 y longitud de ciclo de 48 seg.



**Figura 37.** Resultados de la adición de transporte público al 75%

Fuente: Elaboración Propia

En los Anexos E 8 hasta E 10 se muestra la Alternativa N° 3 simulada en SimTraffic Animation (2D).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Situación Actual

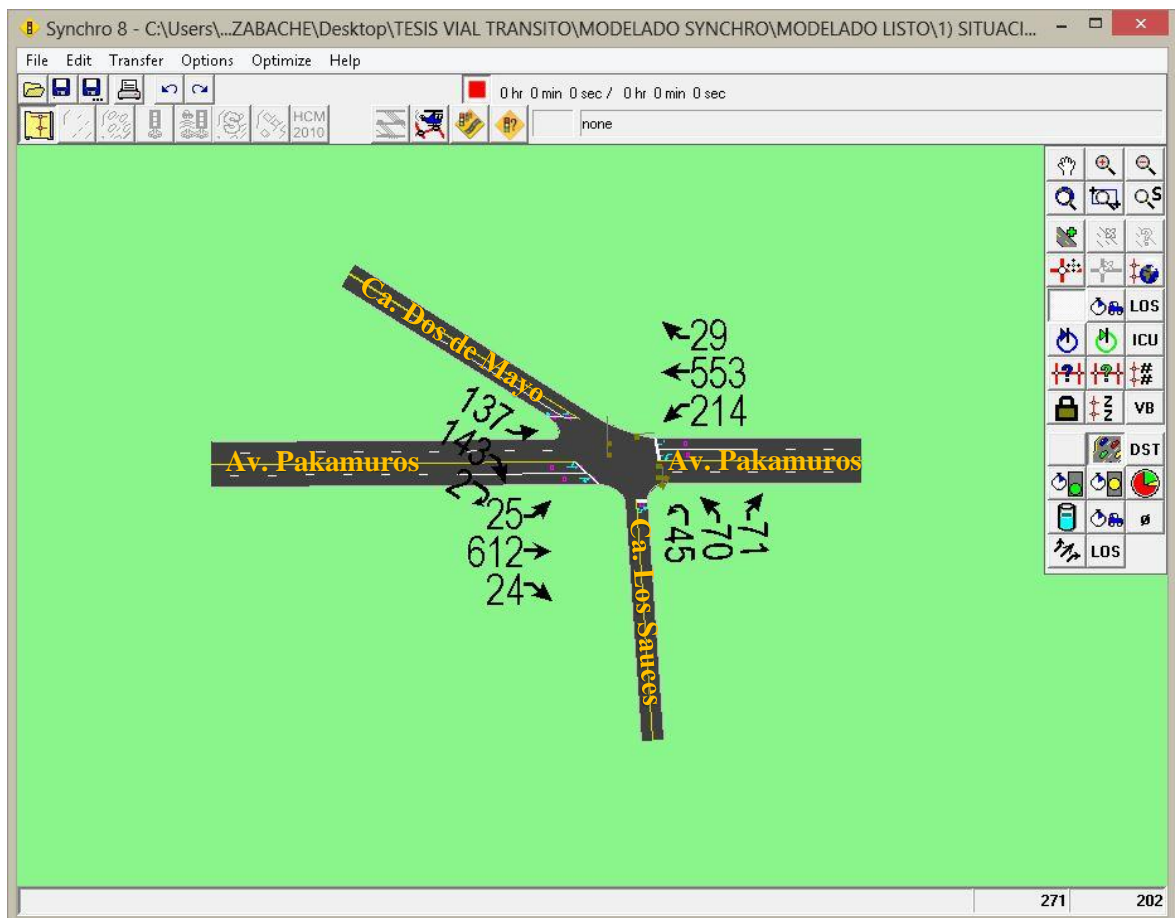
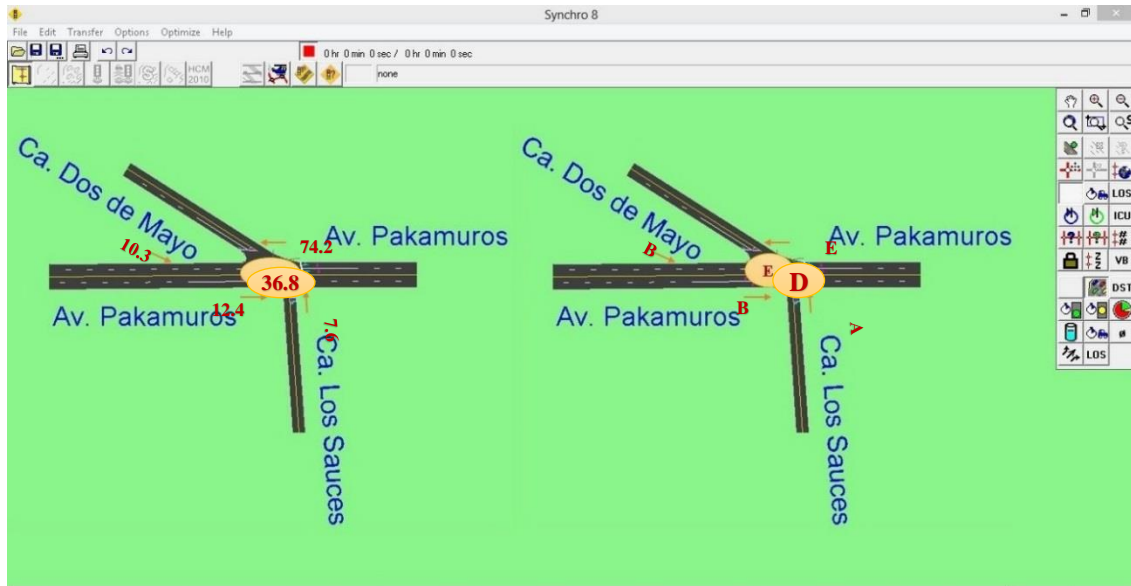


Figura 38. Volumen vehicular total por movimiento

Fuente: Elaboración Propia





**Figura 39.** Resultado de demoras y nivel de servicio (NDS)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19

*Resultados de la Situación Actual*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>	
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48
Relación volumen capacidad: v/c	1.08
Demora en la intersección (seg)	36.8
Nivel de Servicio (LOS)	D

Fuente: Elaboración Propia

## 4.2. Alternativas de Solución

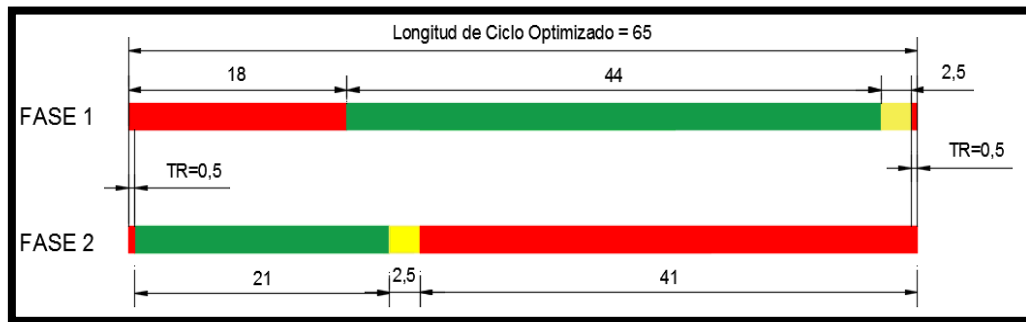
### 4.2.1 Alternativa N° 1: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0

Tabla 20

*Comparación de parámetros de la situación actual con la optimización semafórica*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>		
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Optimizado</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48	65
Relación volumen capacidad: v/c	1.08	0.93
Demora en la intersección (seg)	36.8	20.3
Nivel de Servicio (LOS)	D	C

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 40.** Diagrama de Tiempos Optimizado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

*Comparación del diseño semafórico con la situación actual y optimizado.*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>				
<b>SITUACIÓN</b>	<b>Actual</b>		<b>Optimizado</b>	
<b>FASES</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Sentidos de Flujo</b>	<b>N-S / S-N</b>	<b>E-O / O-E</b>	<b>N-S / S-N</b>	<b>E-O / O-E</b>
<b>Velocidad de aproximación: V</b>	<b>30</b>		<b>30</b>	
<b>Asignación de tiempo de luz verde y roja de cada fase</b>				
Tiempo de luz verde: V (seg)	21	21	44	21
Tiempo de luz ámbar: A (seg)	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de todo rojo: TR (seg)	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo de luz roja: R (seg)	24	24	18	41
Longitud de ciclo (seg)	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>65</b>	<b>65</b>

Fuente: Elaboración Propia



4.2.2 Alternativa N° 2: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros)

Tabla 22

*Comparación de parámetros de la situación actual y eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>		
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Giro Eliminado</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48	48
Relación volumen capacidad: v/c	1.08	0.70
Demora en la intersección (seg)	36.8	12.4
Nivel de Servicio (LOS)	D	B

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Alternativa N° 3: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público

- a) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 25% (equivalente a 2% de autos patrón a bus)

Tabla 23

*Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 25%*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>		
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Sustitución a Transp. Púb. (25%)</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48	48
Relación volumen capacidad: v/c	1.08	1.07
Demora en la intersección (seg)	36.8	35.7
Nivel de Servicio (LOS)	D	D

Fuente: Elaboración Propia

- b) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 50% (equivalente a 4% de autos patrón a bus)

Tabla 24

*Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 50%*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>		
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Sustitución a Transp. Púb. (50%)</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48	48
Relación volumen capacidad: v/c	1.08	0.85
Demora en la intersección (seg)	36.8	15.8
Nivel de Servicio (LOS)	D	B

Fuente: Elaboración Propia

- c) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 75% (equivalente a 6% de autos patrón a bus)

Tabla 25

*Comparación de parámetros de la situación actual con la sustitución de vehículos menores a Transporte Público al 75%*

<b>Intersección: Av. Pakamuros con Ca. Dos de Mayo y Los Sauces</b>		
<b>Parámetros analizados</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Sustitución a Transp. Púb. (75%)</b>
Velocidad de aproximación: V (km/h)	30	30
Longitud de ciclo: C (seg)	48	48
Relación volumen capacidad: v/c	1.08	0.65
Demora en la intersección (seg)	36.8	11.1
Nivel de Servicio (LOS)	D	B

Fuente: Elaboración Propia

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el acápite anterior se plantea luego la discusión de los siguientes aspectos implicados en la presente investigación: optimización semafórica, eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros) y remplazo por transporte público a un 25%, 50% y 75% de vehículos menores.

### 5.1. Situación Actual

Para evaluar el nivel de calidad del servicio vial de la intersección se utilizó el Software Synchro 8.0, para ello se determinó el volumen de flujo vehicular, los giros permitidos, sentidos de flujo, entre otros. En la figura N° 38 se muestra el volumen vehicular total por movimiento y por acceso de la intersección analizada del día lunes en la hora pico tarde.

∴ En la tabla N° 19 se presentó los resultados obtenidos de la situación actual, en el que se evidencia que la intersección opera con un nivel de servicio D, esto indica una sincronía desfavorable, relaciones v/c altas y muchos vehículos empiezan a detenerse.

### 5.2. Alternativas de Solución

Se analizó tres alternativas de solución, con el fin de determinar un mejor nivel de servicio. Para empezar con el modelado, se calculó la velocidad de aproximación de los vehículos, obteniendo velocidades muy bajas, por ende, para analizar tanto la situación actual como las alternativas de solución se consideró la velocidad de 30 km/h, teniendo en cuenta lo que estipula el Reglamento Nacional de Tránsito. Se tomó este criterio con el fin de tener una velocidad acorde a la realidad, debido a que en horas punta la velocidad disminuye; y en horas valle, esta aumenta.

### 5.2.1. Alternativa N° 1: Optimización semafórica aplicando el Software Synchro 8.0

Durante el estudio de tránsito y estudio semafórico se observó fases relativamente cortas en comparación con el volumen vehicular, produciendo un conflicto en la intersección. Debido a ello, esta alternativa de solución se enfoca en optimizar las fases semafóricas.

La Tabla N° 19 indicó una comparación de los parámetros de la situación actual con la optimización semafórica. Asimismo la figura N° 40, nos muestra el Diagrama de tiempos optimizados.

∴ Con esta alternativa se logró determinar un nuevo ciclo semafórico, el mismo que aumenta el tiempo de verde en los accesos Norte - Sur a 44 seg. y reduciendo en el Este – Oeste a 21 seg., y da prioridad a la circulación vehicular en el acceso de mayor volumen vehicular (Avenida Pakamuros).

### 5.2.2. Alternativa N° 2: Eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros)

Durante el estudio de tránsito se determinó que el giro a la izquierda en el acceso Norte produce conflicto en la intersección, debido a que muchos usuarios optan por utilizar este acceso. Por ende, esta alternativa de solución se enfocó en eliminar el giro a la izquierda en dicho acceso para evitar las colas que se generan.

∴ En la tabla N° 21 se presentó un resumen comparativo de los resultados obtenidos en la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte con la situación actual, obteniendo un nivel de servicio “B”.

### 5.2.3. Alternativa N° 3: Sustitución de vehículos menores a Transporte Público

- a) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 25% (equivalente a 2% de autos patrón a bus)

Se observó que el nivel de servicio es “D” sin variar respecto a la situación actual, sin embargo la demora disminuyó de 36.8 seg. a 35.7 seg.

- b) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 50% (equivalente a 4% de autos patrón a bus)

Se determinó que el nivel de servicio es “B” mejorando respecto a la situación actual y la demora disminuyó de 36.8 seg. a 15.8 seg.

- c) Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 75% (equivalente a 6% de autos patrón a bus)

Se obtuvo un nivel de servicio “B” mejorando respecto a la situación actual y la demora disminuyó de 36.8 seg. a 11.1 seg.

∴ El porcentaje que nos determina mejores resultados es el de la sustitución a un 75%, pero siendo a la vez una solución muy ideal.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- a) Al analizar la situación actual de la intersección de la Avenida Pakamueros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces, con el software Synchro 8.0, se obtuvo que opera con nivel de servicio “D”, esto indica una sincronía desfavorable, relaciones v/c altas y aparición de colas.
- b) Al realizar el aforo en tres días típicos de una semana, se determinó que el día con mayor flujo vehicular es el lunes, experimentado un total de 13 327 vehículos (transformados en autos patrón).
- c) Las horas punta del día con mayor volumen vehicular (lunes) fueron de 07:15 - 08:15, 12:30 - 13:30 y 18:00 – 19:00; siendo de 12:30 – 13:30 la hora punta más crítica, originando 796 vehículos en el Acceso más crítico (Norte).
- d) La situación actual de la intersección analizada presentó las siguientes deficiencias:
  - La geometría es irregular, ocasionando que los giros se dificulten generando conflicto entre los conductores.
  - Las señaléticas horizontales (líneas peatonales) se encontraron en mal estado ya que no son visibles, originando inseguridad en los peatones al momento de cruzar la avenida y/o calle.
  - Los dispositivos de control (semáforos) están en un estado deficiente ya que éstos no iluminan de forma correcta debido al tiempo de uso que poseen; además son de ciclo único y no distinguen horas punta de horas valle.

- e) Entre los factores que intervienen en el modelado vial, se encontró:
- La velocidad de aproximación media espacial varía de 13.63 Km/h en el acceso Norte – Sur y de 12.49 Km/h en el Este – Oeste, siendo esta muy baja e inadecuada generando congestión en los vehículos que circulan dentro de la intersección.
  - Los vehículos con mayor porcentaje en la hora punta crítica (tarde) es el de mototaxis y moto lineales, siendo 54.08% y 37.71%, respectivamente; esto nos indica que gran parte del problema de la intersección está dada por el uso particular de estos vehículos.
- f) La alternativa N° 01 que consiste en la optimización semafórica logra un nivel de servicio “C” y disminuye la demora a 20.3 seg.
- g) La alternativa N° 02 basada en la eliminación del giro a la izquierda en el acceso norte (Avenida Pakamuros) logra un nivel de servicio “B” y disminuye la demora a 12.4 seg.
- h) La alternativa N° 03 logra:
- Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 25% (equivalente a 2% de autos patrón a bus) un nivel de servicio “D” y disminuye la demora a 35.7 seg.
  - Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 50% (equivalente a 4% de autos patrón a bus) un nivel de servicio “B” y disminuye la demora a 15.8 seg.
  - Sustitución de vehículos menores a Transporte Público a un 75% (equivalente a 6% de autos patrón a bus) un nivel de servicio “B” y disminuye la demora a 11.1 seg.

## 6.2. Recomendaciones

- a) El Flujo Vehicular en la intersección de la Avenida Pakamuros con Calle Dos de Mayo y Los Sauces, se puede mejorar mediante la optimización semafórica, la eliminación del giro a la izquierda en el Acceso Norte (Avenida Pakamuros) y con la sustitución de vehículos menores a transporte público a un 50% (equivalente a 4%, de autos patrón a bus), ya que a partir de este porcentaje se obtienen mejoras considerables.
- b) Prohibir los giros a la izquierda y en U en zonas congestionadas como la Avenida Pakamuros, ya que esta experimenta el mayor volumen vehicular y por ende no debe ser interrumpida por ninguno de estos giros antes mencionados.
- c) Sustituir los semáforos actuales por unos que permitan la programación de ciclos diferenciados en horas punta y horas valle.
- d) Realizar estudios posteriores en intersecciones continuas a la Avenida Pakamuros con el fin de obtener un estudio completo de toda la avenida con sus respectivas intersecciones.
- e) Formular un plan regulador de rutas que involucre la gestión del transporte y el uso adecuado de las vías, con el fin de no congestionar vías colectoras como la Avenida Pakamuros.
- f) Promover campañas de educación y concientización vial para los conductores y peatones debido a que éstos influyen en el flujo vehicular.
- g) Realizar el mantenimiento de las señaléticas horizontales y verticales a fin de que estas sean totalmente visibles para los conductores y peatones.
- h) Realizar el aumento del separador central en el acceso Sur (Avenida Pakamuros) ya que la separación que posee respecto al acceso Norte es demasiado.
- i) Construir las vías de evitamiento para desviar el tránsito pesado.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baeza, A., & Martínez, E. (2012). Metodología para el Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio en Intersecciones SemafORIZADAS de acuerdo al Manual de Capacidad HCM 2000: Caso Cerro del Agua/Ingeniería. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Botero, T. (2008). Revisión y Re-diseño de la planeación semaforica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente. *Trabajo de Grado*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Manizales-Colombia.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones, Octava Edición*. D.F. - México: AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Cerezo, R. (2012). Plan de Reordenamiento de Tránsito Vehicular para la zona 1 de la ciudad Chiquimula. *Tesis de Graduación*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula-Guatemala.
- Contreras, S. (2014). *Teoría de flujo de tránsito-Posgrado UNI*. Lima-Perú.
- Henríquez, K. (2018). Estudio de Alternativas para la mejora del Tráfico y la funcionalidad en la intersección semaforizada de la Carretera Mella y Av. San Vicente de Paúl en la ciudad de Santo Domingo Este, República Dominicana. *Tesis de Postgrado*. Universidad Politécnica de Valencia, Santo Domingo-República Dominicana.
- Leonardo, R. (2017). Análisis del Nivel de Servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con Synchro 8.0 - Jaén -2016. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén, Jaén-Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Reglamento Nacional de Tránsito*. Lima-Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2016). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Lima - Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2018). *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018*. Lima - Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). N.T.E. CE. 010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima-Perú.
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2017). *Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad en las calles Mariscal Castilla; Cuadras 3,4,5,6 y 7; Calle Villanueva Pinillos; Cuadras 3,4,5,6 y 7 y Calles Aledañas Sector Pueblo Libre, Distrito de Jaén, Provincia de Jaén - Región Cajamarca*. Proyecto de Inversión Pública (PIP), Jaén-Perú.
- Navarro, S. (Agosto de 2008). Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/intersecciones1.pdf>
- Osores, V. (2015). Evaluación del Nivel de Servicio por análisis de Tráfico en la intersección semaforizada Mariscal Castilla - Julio Sumar El Tambo, 2015. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.
- Ríos, E. (2018). Modelación de Tránsito y propuesta de solución Vial a la Av. Cáceres con Infracore y Synchro 8. *Tesis de Pregrado*. Universidad de Piura, Piura-Perú.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J. M., & Diez de Arizaleta, R. (2017). *Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010*. Madrid, España: Fundación Confemetal (FC).
- Rondoño, D. (2018). Análisis Vial en las intersecciones de la Av. Luriziaga y San Martín con la Av. Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz-Ancash-Perú.
- Tarquino, F. (2010). Simulación microscópica de tránsito para coordinación de semáforos en progresión en vías urbanas – Caso Av. Aviación San Borja. *Investigación*. Lima-Perú.
- Timaná, J. (2016). *Apuntes del curso Caminos y Transportes*. Piura - Perú.
- Trafficware, Ltd. (2011). *Guía Synchro Studio 8*. EE.UU: Trafficware, Ltd.

- Transportation Research Board (TRB). (2010). *Highway Capacity Manual (HCM 2010)*. EE.UU: National Academy of Sciences.
- Valencia, V. (2000). Principio sobre Semáforos. *Trabajo de Investigación*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Medellín-Colombia.
- Velandia Siachoque. (2013). *Criterios metodológicos para involucrar el factor motocicleta en los estudios de tránsito en Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Vera Lino, F. J. (2012). Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Yarce Marín, Y. G. (2015). Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas. Aplicación en la ciudad de Medellín. *Tesis de Investigación*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

## **DEDICATORIA**

A Dios;

Por darme fortaleza, sabiduría y así poder lograr uno de los objetivos más anhelados en mi vida profesional.

A mis padres;

Fabiano y Emelina, que son los motores en mi vida, por su apoyo incondicional, por ser ejemplo de perseverancia y constancia y por ayudarme a superar día a día tanto personal como profesionalmente.

A mis hermanos;

Victoria, Manuel y Alvaro, por tener siempre la disponibilidad de ayudarme en todo y darme la fuerza para seguir adelante en lo que me proponga.

**FRANKLIN JUNIOR**

A Dios;

Por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con uno de mis objetivos profesionales.

A mis padres;

Urías y Mery, por todo el apoyo brindado para seguir adelante y por estar a mi lado en todo momento, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi hermano;

Darwin, por su apoyo incondicional, por brindarme su ayuda cuando lo necesitaba y darme ese ejemplo que me guió hasta aquí.

**LUIS ANDI**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, por habernos permitido lograr el objetivo más anhelado de nuestra vida académica.

Al Ing. José Luis Piedra Tineo, asesor de Tesis, y al ing. César Jesús Díaz Coronel, docentes de la Universidad Nacional de Jaén; por su valiosa orientación y apoyo en nuestra investigación

Al Ing. Wilmer Rojas Pintado, nuestra mayor gratitud por el apoyo incondicional y por darnos los aportes y observaciones necesarios durante la ejecución de nuestra tesis.

Un agradecimiento de manera especial al Ing. Daniel Wilmer Rondoño Chávez, por su orientación y apoyo, que pese a la distancia estuvo presto a absolver las dudas que teníamos durante el desarrollo de nuestra investigación.



A nuestra alma máter, Universidad Nacional de Jaén (UNJ), a sus autoridades y a cada docente de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes, con ética y profesionalismo, nos impartieron sus enseñanzas y experiencias a lo largo de estos años, preparándonos para nuestra vida profesional.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

**(Aforo, Flujogramas, Volumen y  
composición vehicular)**

Anexo A 1. Formato de Aforo Vehicular

CONTROL DE FLUJO VEHICULAR CLASIFICADO																																																
HOJA DE RESUMEN																																																
	INTERSECCIÓN:							REGIÓN / PROVINCIA / DISTRITO:																																								
	SENTIDO:							DÍA:																																								
APROXIMACIÓN N -S:							FECHA:																																									
HORAS DE CONTROL	MOTOTAXI				MOTO LINEAL				AUTO				CAMION				CAMIONETA				MINIVAN				ÓMNIBUS				TRAILER				MAQUINARIA PESADA				TOTAL X 1/4 HORA	Suma Horaria	UCP									
	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14			TOTAL X 1/4 HORA	Suma Horaria	TOTAL X 1/4 HORA	Suma Horaria						

























## Anexo A 12. Control de Flujo Vehicular Clasificado – Sentido S-N (Día Viernes)



### CONTROL DE FLUJO VEHICULAR CLASIFICADO

INTERSECCIÓN: AV. PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES

REGIÓN / PROVINCIA / DISTRITO: CAJAMARCA / JAÉN / JAÉN

SENTIDO: S - N

DÍA: VIERNES

APROXIMACIÓN S - N: AV. PAKAMUROS

FECHA: 12 DE ABRIL 2019





HORAS DE CONTROL	MOTOTAXI			0.33			MOTO LINEAL			0.25			AUTO			1.00			CAMION			2.50			CAMIONETA			1.00			MINIVAN			1.00			ÓMNIBUS			3.00			TRAILER			3.00			MAQUINARIA PESADA			2.50			TOTAL X 1/4 HORA	Suma Horaria	TOTAL X 1/4 HORA	Suma Horaria
	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23							
7:00-7:15	8	63	94	12	3	46	30	0	5	3	0	0	2	2	0	0	5	4	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	282	282	116	116									
7:15-7:30	3	84	126	10	5	59	40	5	0	5	3	0	0	1	0	0	0	4	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	632	120	236									
7:30-7:45	9	72	108	9	5	76	50	4	0	5	4	0	0	4	3	0	1	4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	361	993	143	379											
7:45-8:00	14	87	131	6	6	95	63	7	0	2	2	0	0	4	3	0	0	7	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	433	1426	158	537											
8:00-8:15	11	90	136	17	9	88	58	15	0	7	4	0	0	4	3	0	0	10	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	464	1608	187	608											
8:15-8:30	9	68	103	14	7	62	41	7	0	2	2	0	0	4	2	0	0	10	6	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	341	1599	132	620											
8:30-8:45	12	62	93	12	10	50	33	0	2	1	1	0	0	5	3	0	1	8	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302	1540	128	605												
8:45-9:00	9	59	88	13	3	62	41	8	0	3	2	1	0	4	2	0	0	6	4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308	1415	118	566												
11:00-11:15	6	61	91	7	3	68	45	4	0	6	4	0	1	2	2	0	1	9	6	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	322	1273	132	511												
11:15-11:30	14	63	94	9	9	53	35	3	0	5	4	0	0	2	2	0	1	7	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308	1240	118	497											
11:30-11:45	11	56	84	8	8	61	41	4	0	8	5	0	1	4	2	0	0	7	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	309	1247	129	498												
11:45-12:00	2	62	92	6	6	59	40	5	1	7	5	0	0	3	2	0	1	10	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310	1249	126	506											
12:00-12:15	3	64	95	11	6	80	54	7	0	4	3	0	0	5	3	0	0	6	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	351	1278	138	512												
12:15-12:30	6	71	106	10	10	68	46	3	1	7	4	1	0	6	4	0	0	5	4	1	0	5	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	366	1336	163	557												
12:30-12:45	5	62	94	7	10	68	46	8	0	4	2	0	1	5	3	0	1	8	6	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	336	1363	144	572												
12:45-13:00	12	76	113	12	6	82	55	2	0	6	4	0	0	4	3	1	0	7	4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	390	1443	151	596												
13:00-13:15	8	81	122	11	8	107	71	6	0	8	5	0	0	3	2	0	1	5	3	0	0	6	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	454	1546	174	632												
13:15-13:30	17	66	98	10	10	94	62	4	0	2	2	2	0	4	2	0	1	9	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	391	1571	147	615												
13:30-13:45	9	62	93	10	5	70	47	7	1	4	2	0	1	2	1	0	0	9	6	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	336	1571	137	608													
13:45-14:00	3	68	102	2	7	66	44	3	0	7	4	0	0	6	4	1	1	7	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	332	1513	143	601												
17:00-17:15	12	66	99	9	10	63	42	8	0	5	3	0	0	4	3	0	0	8	6	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343	1402	141	567												
17:15-17:30	7	61	91	9	10	82	55	2	0	4	2	0	0	7	4	0	0	13	9	0	0	6	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	1379	164	584												
17:30-17:45	9	70	106	10	10	62	41	4	0	7	5	0	0	7	5	0	0	11	8	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	1404	164	611												
17:45-18:00	14	64	97	9	11	94	62	1	3	4	3	0	0	5	3	0	0	9	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	1459	152	620												
18:00-18:15	12	67	101	10	18	85	56	7	0	7	4	0	0	5	3	0	3	8	6	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	1516	165	644												
18:15-18:30	9	74	111	6	13	95	63	6	1	6	4	0	0	4	2	0	2	16	11	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	428	1576	170	651												
18:30-18:45	25	68	103	9	7	97	65	3	0	8	6	0	0	3	2	0	3	8	6	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	1636	167	654												
18:45-19:00	19	72	108	9	17	92	62	4	2	2	1	0	0	2	1	0	2	9	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	410	1659	144	646												
19:00-19:15	11	73	109	10	22	79	53	5	0	8	5	0	0	4	3	0	1	7	5	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	398	1657	153	635												
19:15-19:30	11	64	96	14	15	88	58	8	0	3	2	0	0	5	3	0	0	5	4	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	1609	143	608												
19:30-19:45	21	68	103	11	13	71	48	3	2	5	3	0	0	1	1	0	3	4	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	1550	128	568												
19:45-20:00	18	60	91	9	18	65	43	3	1	7	5	0	0	1	0	0	0	9	6	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	342	1482	129	554												

4625

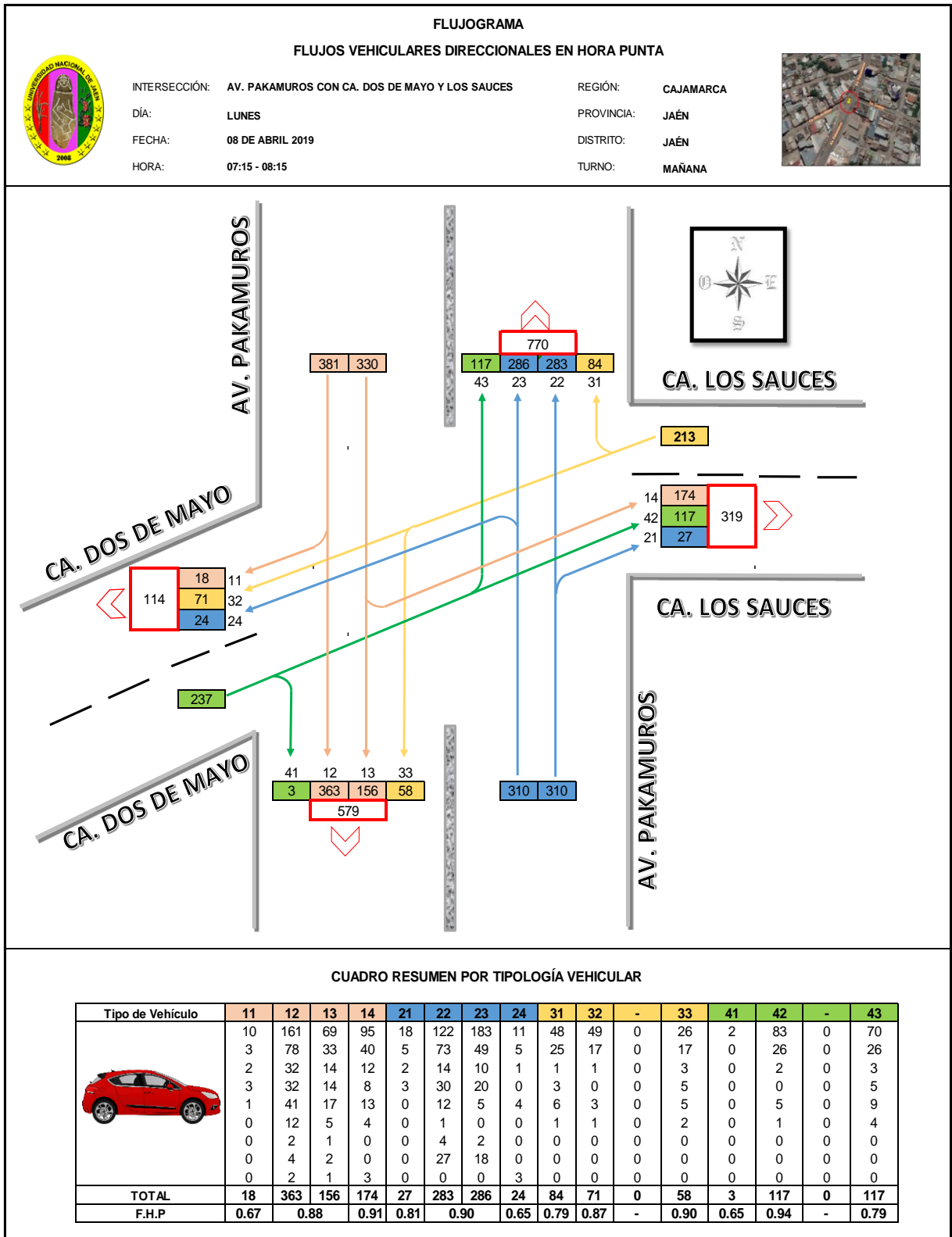




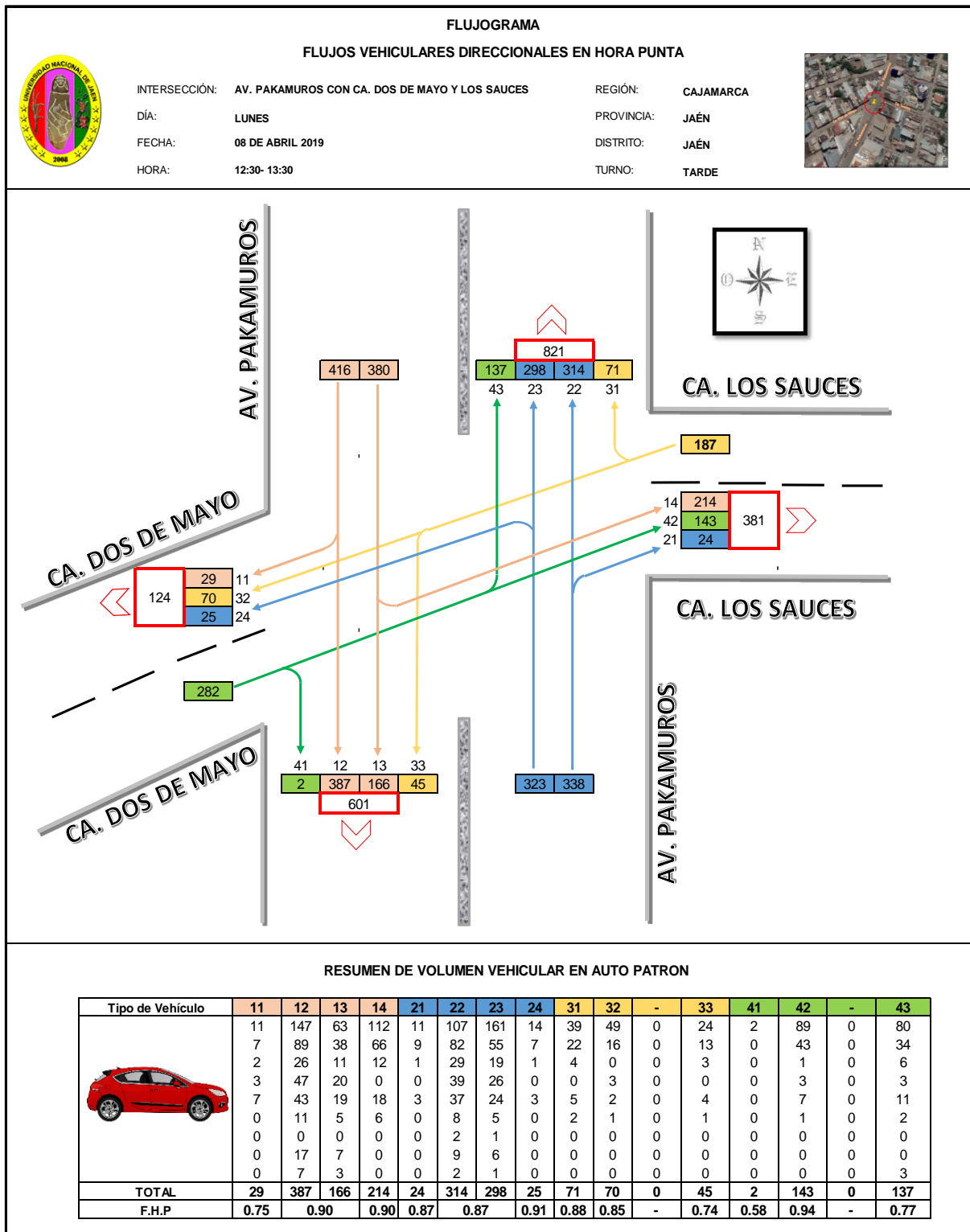
## Anexo A 15. Resumen Total de Flujo Vehicular con Horas Pico y Factor De Hora Pico (Lunes)

FLUJO VEHICULAR TOTAL POR ACCESO																		
HOJA DE RESUMEN																		
	INTERSECCIÓN:	AV. PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES										REGIÓN:	CAJAMARCA					
	DÍA:	LUNES										PROVINCIA:	JAÉN					
	FECHA:	08 DE ABRIL 2019										DISTRITO:	JAÉN					
																		
ACCESOS MOVIM. HORA	N-S				S-N				E-O				O-E				TOTAL X 15 MIN	TOTAL HORARIA
	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	-	33	41	42	-	43		
7:00-7:15	4	66	28	26	3	60	61	7	18	14	0	11	4	25	0	21	349	349
7:15-7:30	3	91	39	42	6	68	72	5	27	21	0	12	1	31	0	27	444	793
7:30-7:45	5	82	35	48	8	72	72	8	18	13	0	16	1	26	0	28	432	1225
7:45-8:00	4	87	37	39	9	75	75	4	23	20	0	16	0	31	0	25	444	1669
8:00-8:15	7	103	44	46	6	84	83	4	16	18	0	15	1	29	0	37	491	1812
8:15-8:30	5	69	29	35	6	74	69	5	20	15	0	11	2	23	0	26	387	1755
8:30-8:45	4	78	33	37	3	71	66	4	21	12	0	8	2	22	0	25	387	1710
8:45-9:00	3	77	33	41	5	70	66	7	20	12	0	13	1	14	0	23	383	1649
11:00-11:15	8	77	33	35	3	61	56	4	16	10	0	13	1	19	0	29	364	1522
11:15-11:30	6	95	41	34	4	75	68	5	12	18	0	8	1	23	0	30	417	1552
11:30-11:45	6	77	33	36	6	55	52	10	10	11	0	9	0	19	0	25	350	1514
11:45-12:00	5	85	36	38	8	70	65	7	18	17	0	11	1	19	0	29	409	1540
12:00-12:15	8	86	37	34	5	79	72	6	11	18	0	9	2	23	0	36	425	1601
12:15-12:30	6	89	38	35	10	80	72	6	13	16	0	11	0	29	0	31	438	1622
12:30-12:45	7	88	38	52	7	70	66	6	15	17	0	15	1	32	0	30	444	1716
12:45-13:00	6	96	41	50	4	64	62	6	20	20	0	10	1	37	0	28	446	1754
13:00-13:15	7	107	46	60	6	91	85	6	20	17	0	10	0	38	0	44	539	1867
13:15-13:30	10	96	41	52	6	89	85	7	16	15	0	10	0	36	0	34	497	1925
13:30-13:45	7	71	31	55	6	68	60	6	16	18	0	9	3	31	0	26	406	1888
13:45-14:00	5	82	35	38	2	67	65	4	13	14	0	10	2	24	0	36	397	1839
17:00-17:15	9	100	43	42	6	71	66	4	12	15	0	17	1	25	0	34	444	1744
17:15-17:30	9	91	39	44	5	72	67	7	11	9	0	10	1	22	0	21	406	1653
17:30-17:45	9	76	33	36	4	65	59	5	18	14	0	12	1	30	0	27	389	1635
17:45-18:00	7	91	39	38	4	73	66	6	13	13	0	11	1	24	0	31	416	1654
18:00-18:15	5	109	47	43	7	71	66	7	13	18	0	18	1	22	0	31	457	1668
18:15-18:30	8	111	48	45	7	69	66	6	15	14	0	13	0	48	0	41	490	1753
18:30-18:45	6	92	39	43	8	70	68	3	22	20	0	14	0	30	0	34	449	1813
18:45-19:00	4	86	37	42	8	72	66	6	11	20	0	15	0	31	0	31	428	1825
19:00-19:15	7	75	32	45	7	60	59	5	7	15	0	15	1	36	0	32	396	1764
19:15-19:30	2	69	30	37	6	52	50	4	19	14	0	9	2	26	0	25	346	1619
19:30-19:45	4	77	33	39	5	55	51	6	12	11	0	14	1	24	0	29	360	1529
19:45-20:00	5	61	26	35	4	44	43	4	8	12	0	10	1	25	0	18	296	1397
<b>H.P - Mañana</b>	18	518	174	28	600	22	84	71	-	58	3	117	-	117	-	117	1812	5498
<b>MAX * 4</b>	27	587	191	35	665	34	106	82	-	65	4	125	-	148	-	148	1965	7247
<b>F.H.P</b>	0.7	0.9	0.9	0.8	0.9	0.6	0.8	0.9	-	0.9	0.6	0.9	-	0.8	0.9	-	0.8	0.9
<b>H.P - Tarde</b>	29	553	214	24	612	25	71	70	-	45	2	143	-	137	-	137	1925	7262
<b>MAX * 4</b>	39	614	239	28	705	27	81	82	-	61	4	152	-	177	-	177	2155	7701
<b>F.H.P</b>	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-	0.7	0.6	0.9	-	0.8	0.9	-	0.8	0.9
<b>H.P - Noche</b>	23	569	173	30	547	21	60	72	-	60	1	131	-	137	-	137	1825	7059
<b>MAX * 4</b>	32	634	181	34	552	27	87	80	-	73	3	190	-	164	-	164	1962	7301
<b>F.H.P</b>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.7	0.9	-	0.8	0.5	0.7	-	0.8	0.9	-	0.9	1.0

# Anexo A 16. Flujograma Hora Pico Mañana

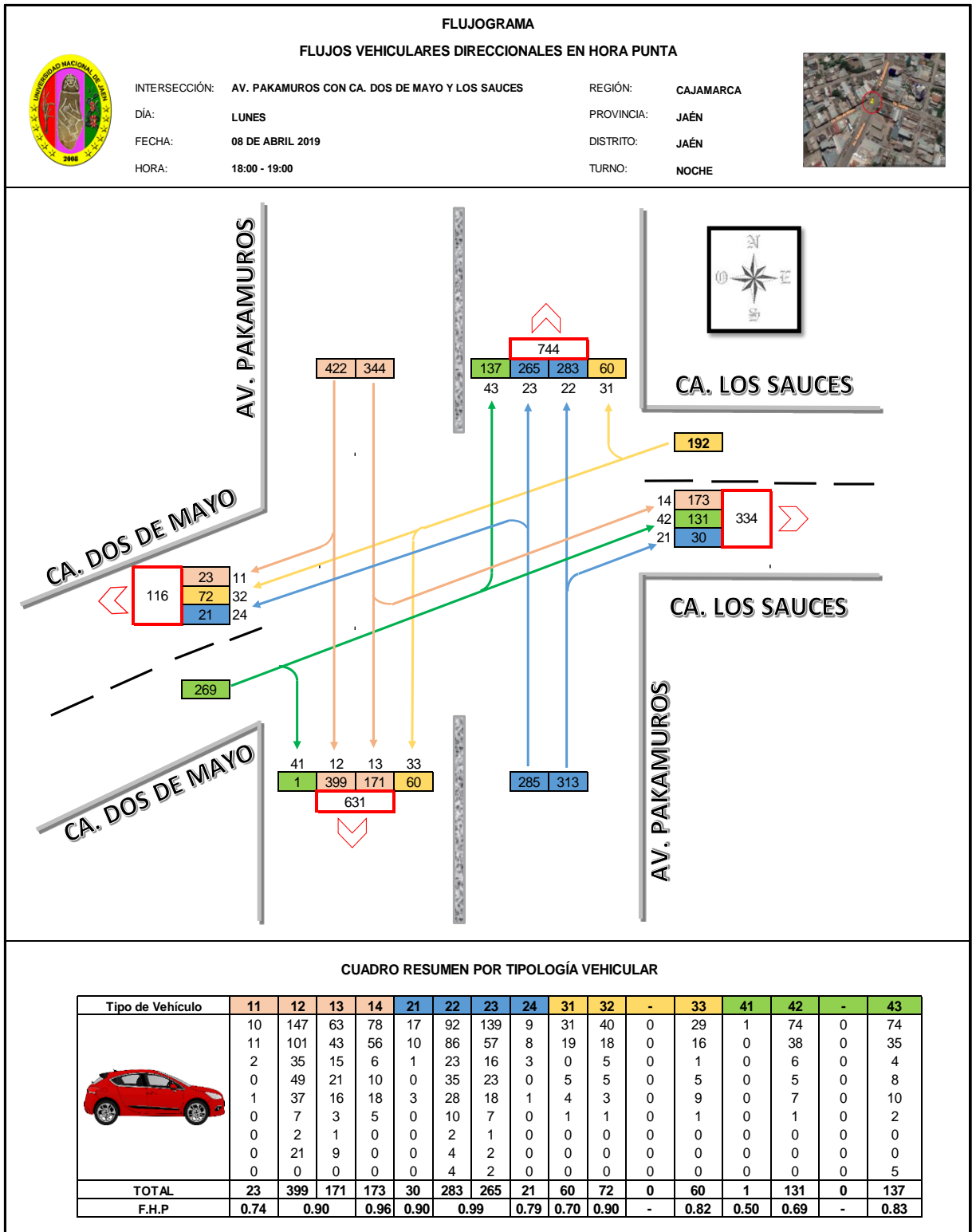


Anexo A 17. Flujograma Hora Pico Tarde

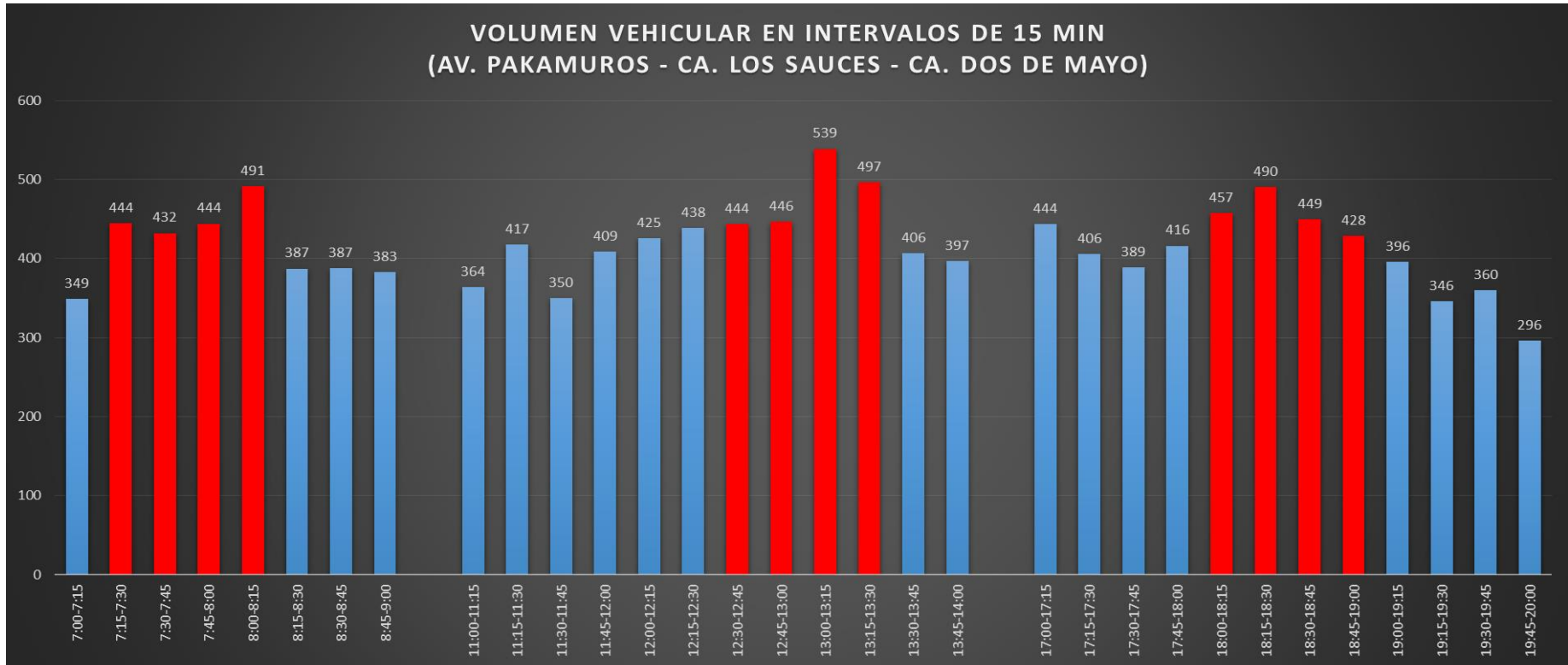




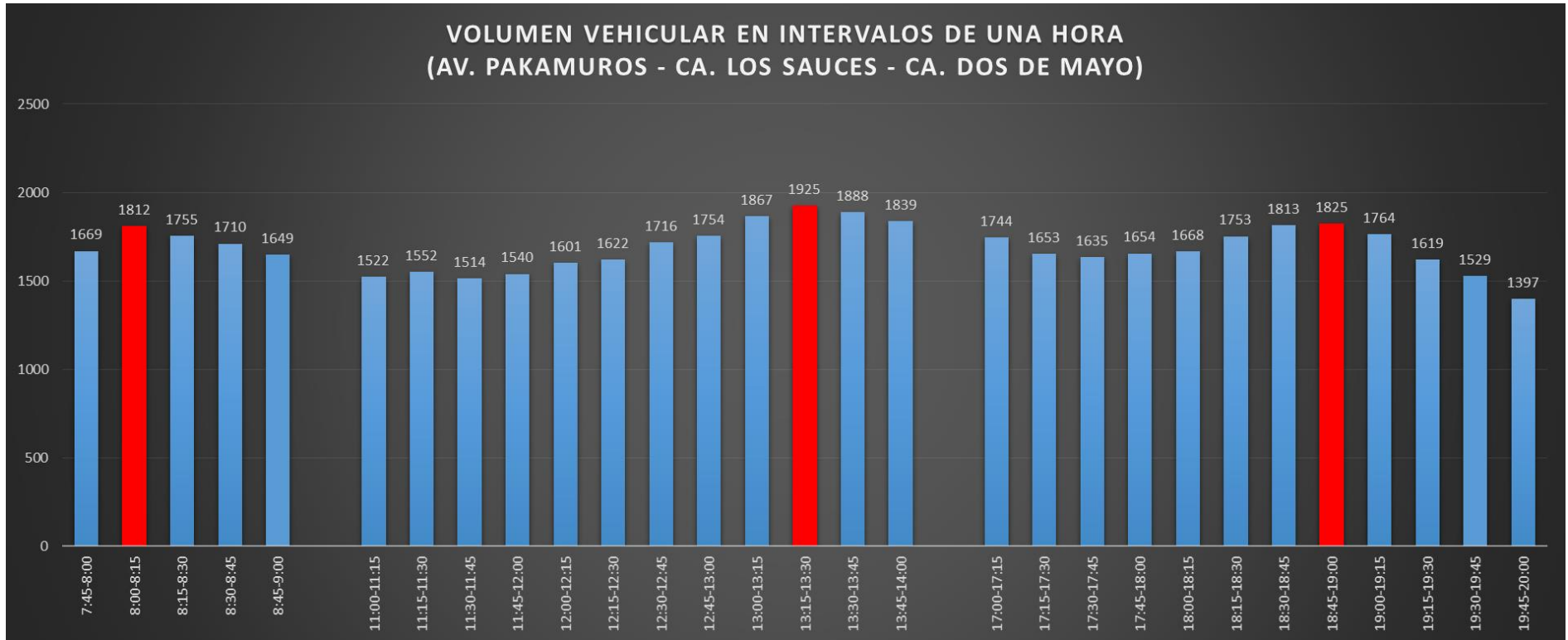
# Anexo A 18. Flujograma Hora Pico Noche



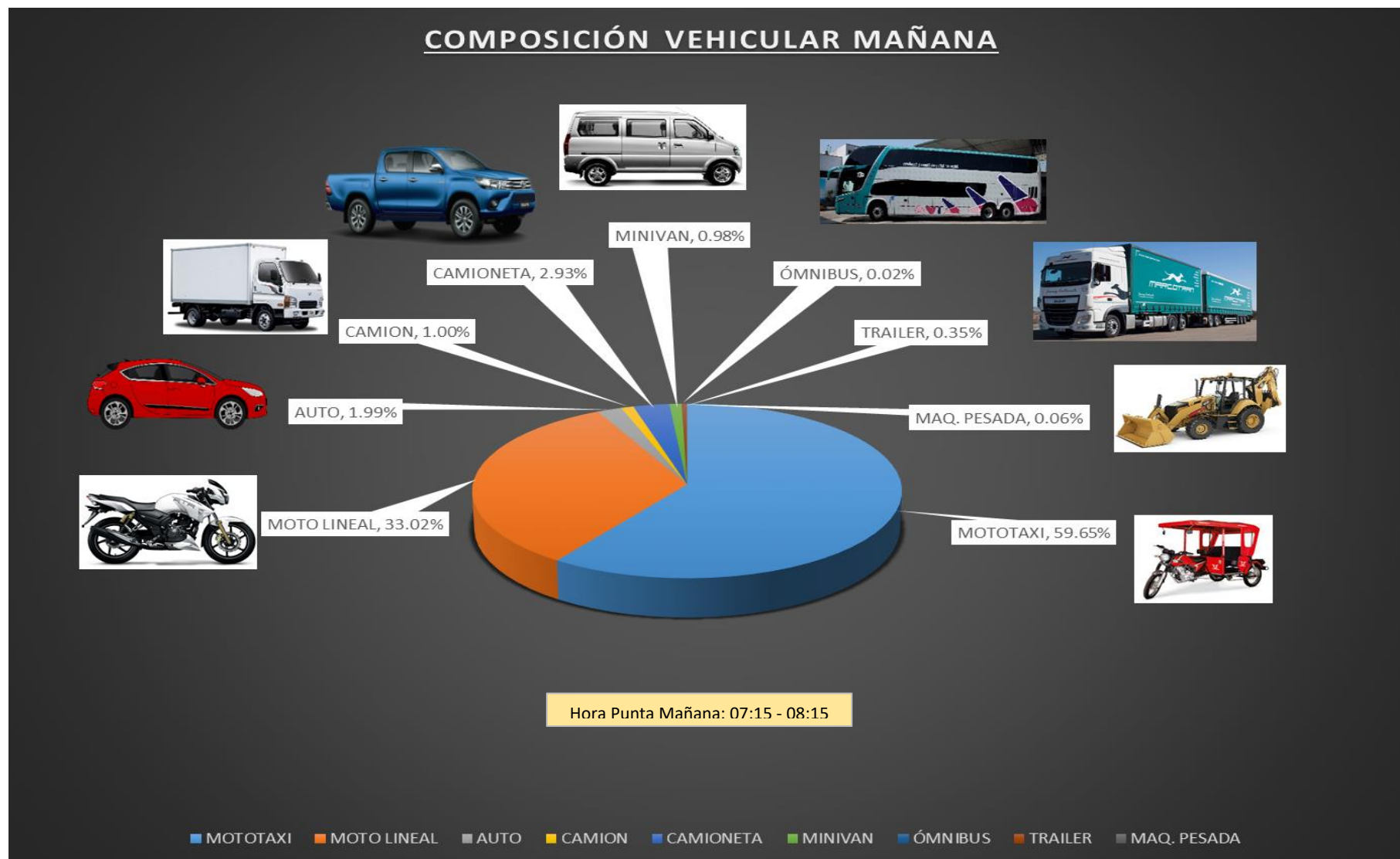
Anexo A 19. Volumen Vehicular en Intervalos de 15min (Día Lunes)



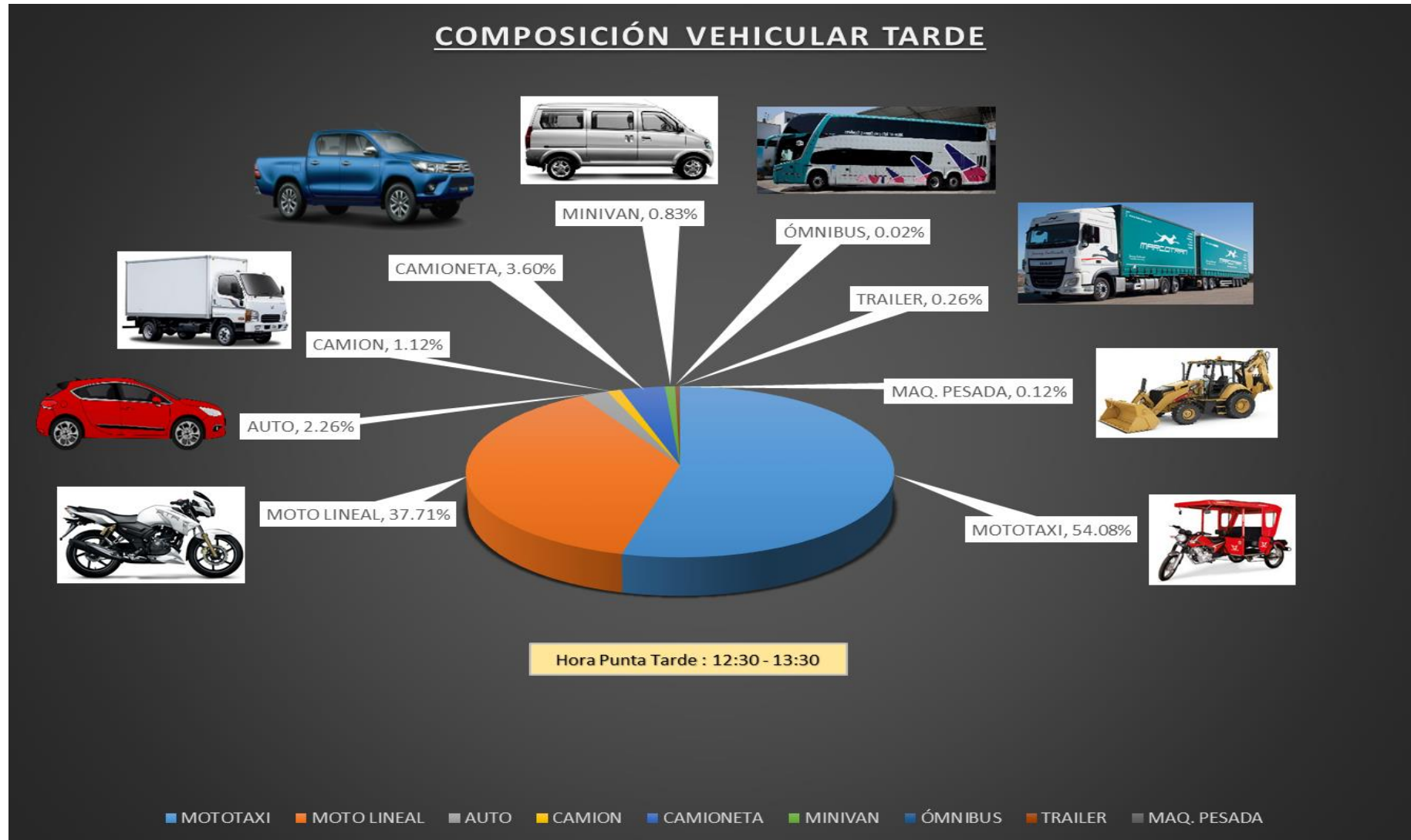
Anexo A 20. Volumen Vehicular en Intervalos de una hora (Día Lunes)



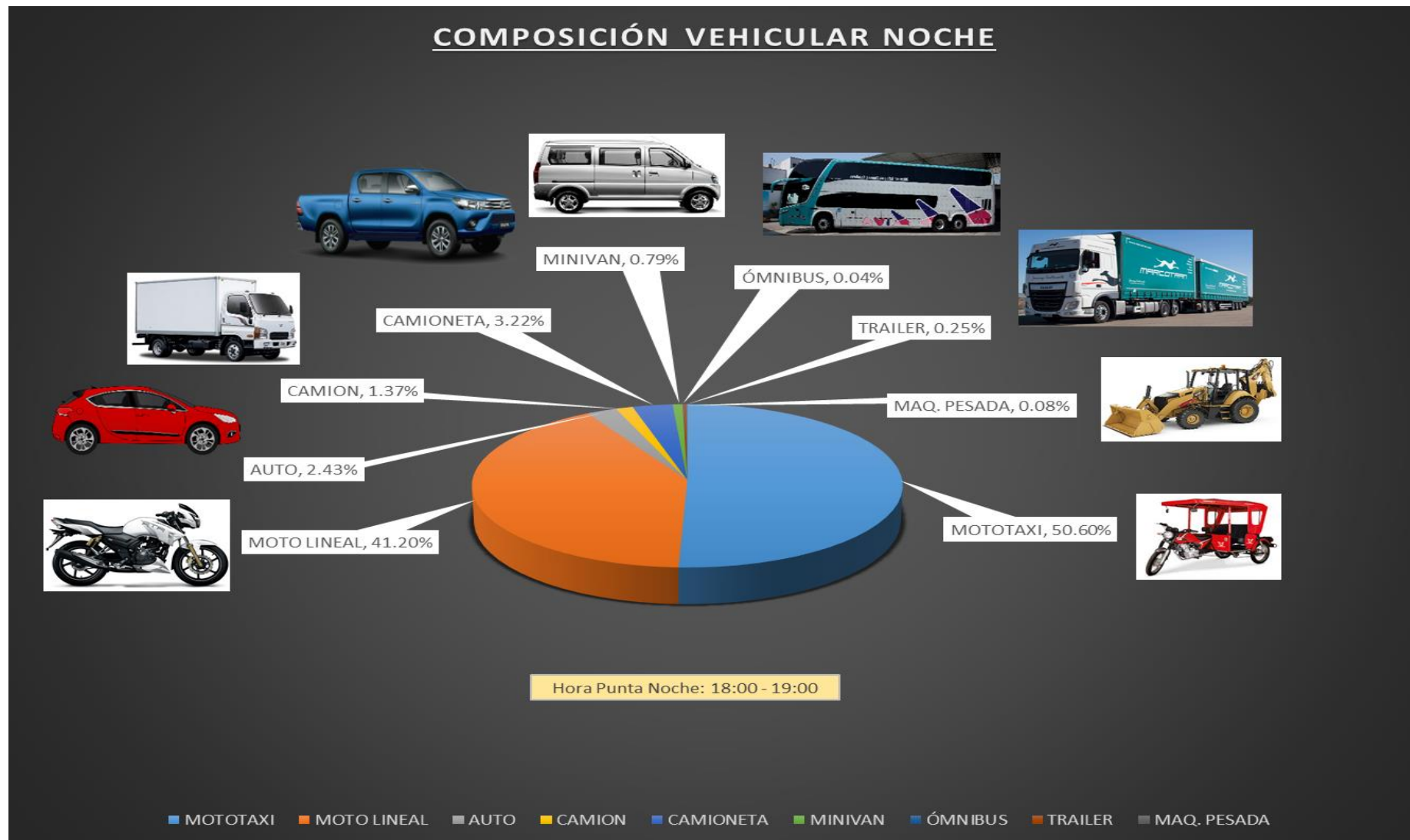
Anexo A 21. Composición Vehicular en Hora Punta Mañana (Día Lunes)



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



Anexo A 23. Composición Vehicular en Hora Punta Noche (Día Lunes)



# **Anexo B**

**(Aforo Peatonal)**

## Anexo B 1. Aforo Peatonal (Día Lunes)

### AFORO PEATONAL



INTERSECCION: AV. PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES

FECHA: 08 DE ABRIL 2019

REGIÓN: CAJAMARCA

DÍA: LUNES

PROVINCIA: JAÉN

RESPONSABLES: FRANKLIN JUNIOR AZABACHE CORONEL  
LUIS ANDI VENTURA SILVA

DISTRITO: JAÉN



HORA	ACCESO PEATONAL							
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO
07:00 - 07:15	3		3		5		2	
07:15 - 07:30	2		6		7		7	
07:30 - 07:45	4		9		9		15	
07:45 - 08:00	3	12	9	27	15	36	5	29
08:00 - 08:15	5	14	8	32	6	37	3	30
08:15 - 08:30	6	18	7	33	5	35	2	25
08:30 - 08:45	6	20	8	32	8	34	4	14
08:45 - 09:00	10	27	3	26	13	32	7	16
11:00 - 11:15	2		4		7		5	
11:15 - 11:30	4		5		8		7	
11:30 - 11:45	10		16		18		4	
11:45 - 12:00	7	23	8	33	10	43	3	19
12:00 - 12:15	8	29	6	35	7	43	4	18
12:15 - 12:30	15	40	6	36	6	41	9	20
12:30 - 12:45	11	41	4	24	9	32	3	19
12:45 - 13:00	13	47	7	23	8	30	9	25
13:00 - 13:15	6	45	8	25	5	28	13	34
13:15 - 13:30	4	34	6	25	10	32	7	32
13:30 - 13:45	7	30	10	31	6	29	9	38
13:45 - 14:00	3	20	1	25	10	31	2	31
17:00 - 17:15	5		5		5		4	
17:15 - 17:30	4		10		4		10	
17:30 - 17:45	10		10		6		8	
17:45 - 18:00	11	30	8	33	10	25	9	31
18:00 - 18:15	17	42	9	37	11	31	7	34
18:15 - 18:30	14	52	9	36	15	42	5	29
18:30 - 18:45	6	48	19	45	17	53	6	27
18:45 - 19:00	4	41	11	48	17	60	1	19
19:00 - 19:15	8	32	13	52	5	54	3	15
19:15 - 19:30	2	20	13	56	8	47	5	15
19:30 - 19:45	9	23	12	49	3	33	3	12
19:45 - 20:00	6	25	8	46	13	29	3	14



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

### AFORO PEATONAL



INTERSECCION: AV. PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES

FECHA: 10 DE ABRIL 2019

REGIÓN: CAJAMARCA

DÍA: MIÉRCOLES

PROVINCIA: JAÉN

RESPONSABLES: FRANKLIN JUNIOR AZABACHE CORONEL  
LUIS ANDI VENTURA SILVA

DISTRITO: JAÉN

HORA	ACCESO PEATONAL							
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO
07:00 - 07:15	8		9		1		5	
07:15 - 07:30	3		7		8		10	
07:30 - 07:45	8		16		7		5	
07:45 - 08:00	17	36	7	39	3	19	7	27
08:00 - 08:15	15	43	4	34	3	21	5	27
08:15 - 08:30	9	49	7	34	8	21	4	21
08:30 - 08:45	4	45	6	24	4	18	6	22
08:45 - 09:00	4	32	10	27	7	22	3	18
11:00 - 11:15	5		7		7		4	
11:15 - 11:30	6		7		11		10	
11:30 - 11:45	1		5		3		8	
11:45 - 12:00	4	16	4	23	18	39	9	31
12:00 - 12:15	7	18	3	19	8	40	2	29
12:15 - 12:30	6	18	6	18	6	35	8	27
12:30 - 12:45	7	24	2	15	3	35	5	24
12:45 - 13:00	4	24	9	20	1	18	6	21
13:00 - 13:15	13	30	11	28	6	16	12	31
13:15 - 13:30	10	34	8	30	7	17	12	35
13:30 - 13:45	6	33	5	33	6	20	6	36
13:45 - 14:00	4	33	3	27	4	23	8	38
17:00 - 17:15	3		2		1		11	
17:15 - 17:30	10		8		7		8	
17:30 - 17:45	6		6		10		8	
17:45 - 18:00	5	24	6	22	4	22	8	35
18:00 - 18:15	10	31	11	31	9	30	3	27
18:15 - 18:30	8	29	9	32	6	29	2	21
18:30 - 18:45	7	30	8	34	16	35	8	21
18:45 - 19:00	12	37	3	31	13	44	7	20
19:00 - 19:15	11	38	16	36	10	45	6	23
19:15 - 19:30	7	37	8	35	3	42	5	26
19:30 - 19:45	6	36	10	37	6	32	7	25
19:45 - 20:00	8	32	7	41	2	21	6	24

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

#### AFORO PEATONAL



INTERSECCION: AV. PAKAMUROS CON CA. DOS DE MAYO Y LOS SAUCES

FECHA: 12 DE ABRIL 2019

REGIÓN: CAJAMARCA

DÍA: VIERNES

PROVINCIA: JAÉN

RESPONSABLES: FRANKLIN JUNIOR AZABACHE CORONEL  
LUIS ANDI VENTURA SILVA

DISTRITO: JAÉN



HORA	ACCESO PEATONAL							
	NORTE	TOTAL HORARIO	SUR	TOTAL HORARIO	ESTE	TOTAL HORARIO	OESTE	TOTAL HORARIO
07:00 - 07:15	2		4		4		1	
07:15 - 07:30	3		9		12		3	
07:30 - 07:45	11		8		10		2	
07:45 - 08:00	5	21	6	27	9	35	4	10
08:00 - 08:15	7	26	5	28	9	40	2	11
08:15 - 08:30	6	29	6	25	7	35	8	16
08:30 - 08:45	7	25	4	21	7	32	6	20
08:45 - 09:00	9	29	5	20	5	28	4	20
11:00 - 11:15	3		3		7		7	
11:15 - 11:30	7		6		9		5	
11:30 - 11:45	12		2		12		4	
11:45 - 12:00	3	25	10	21	5	33	4	20
12:00 - 12:15	17	39	8	26	13	39	11	24
12:15 - 12:30	13	45	2	22	11	41	8	27
12:30 - 12:45	9	42	6	26	5	34	9	32
12:45 - 13:00	12	51	9	25	5	34	10	38
13:00 - 13:15	5	39	2	19	13	34	3	30
13:15 - 13:30	5	31	6	23	8	31	6	28
13:30 - 13:45	6	28	12	29	3	29	10	29
13:45 - 14:00	10	26	4	24	10	34	1	20
17:00 - 17:15	7		10		11		10	
17:15 - 17:30	7		16		10		9	
17:30 - 17:45	5		5		6		1	
17:45 - 18:00	8	27	5	36	12	39	8	28
18:00 - 18:15	7	27	7	33	9	37	4	22
18:15 - 18:30	11	31	10	27	7	34	4	17
18:30 - 18:45	9	35	11	33	16	44	3	19
18:45 - 19:00	10	37	6	34	10	42	4	15
19:00 - 19:15	13	43	11	38	11	44	3	14
19:15 - 19:30	6	38	12	40	10	47	4	14
19:30 - 19:45	5	34	2	31	2	33	2	13
19:45 - 20:00	9	33	6	31	4	27	3	12

# **Anexo C**

**(Análisis de la Velocidad de  
Aproximación)**

## Anexo C 1. Estudio de Velocidad de Aproximación

<b>ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN</b>						
Registro de vehículos	Acceso Norte y Sur (seg)	Distancia (m)	Velocidad (m/seg)	Acceso Este y Oeste (seg)	Distancia (m)	Velocidad (m/seg)
1	19.46	66.00	3.39	12.07	44.80	3.71
2	12.93	66.00	5.10	13.44	44.80	3.33
3	19.06	66.00	3.46	12.61	44.80	3.55
4	17.63	66.00	3.74	12.65	44.80	3.54
5	19.67	66.00	3.36	13.06	44.80	3.43
6	12.86	66.00	5.13	14.48	44.80	3.09
7	17.96	66.00	3.67	12.23	44.80	3.66
8	17.37	66.00	3.80	12.15	44.80	3.69
9	17.10	66.00	3.86	13.06	44.80	3.43
10	19.71	66.00	3.35	12.96	44.80	3.46
11	18.10	66.00	3.65	11.74	44.80	3.82
12	17.51	66.00	3.77	12.34	44.80	3.63
13	22.98	66.00	2.87	12.08	44.80	3.71
14	15.66	66.00	4.21	14.36	44.80	3.12
15	17.67	66.00	3.74	11.31	44.80	3.96
16	19.12	66.00	3.45	13.39	44.80	3.35
17	17.43	66.00	3.79	13.57	44.80	3.30
18	17.09	66.00	3.86	13.97	44.80	3.21
19	18.00	66.00	3.67	12.99	44.80	3.45
20	16.12	66.00	4.09	13.14	44.80	3.41
21	14.63	66.00	4.51	12.86	44.80	3.48
22	16.12	66.00	4.09	12.22	44.80	3.67
23	20.04	66.00	3.29	13.04	44.80	3.44
24	14.82	66.00	4.45	14.40	44.80	3.11
25	16.65	66.00	3.96	12.76	44.80	3.51
Velocidad Media Temporal (km/h)			13.87	Velocidad Media Temporal (km/h)		12.54
<b>Velocidad Media Espacial (km/h)</b>			<b>13.63</b>	<b>Velocidad Media Espacial (km/h)</b>		<b>12.49</b>

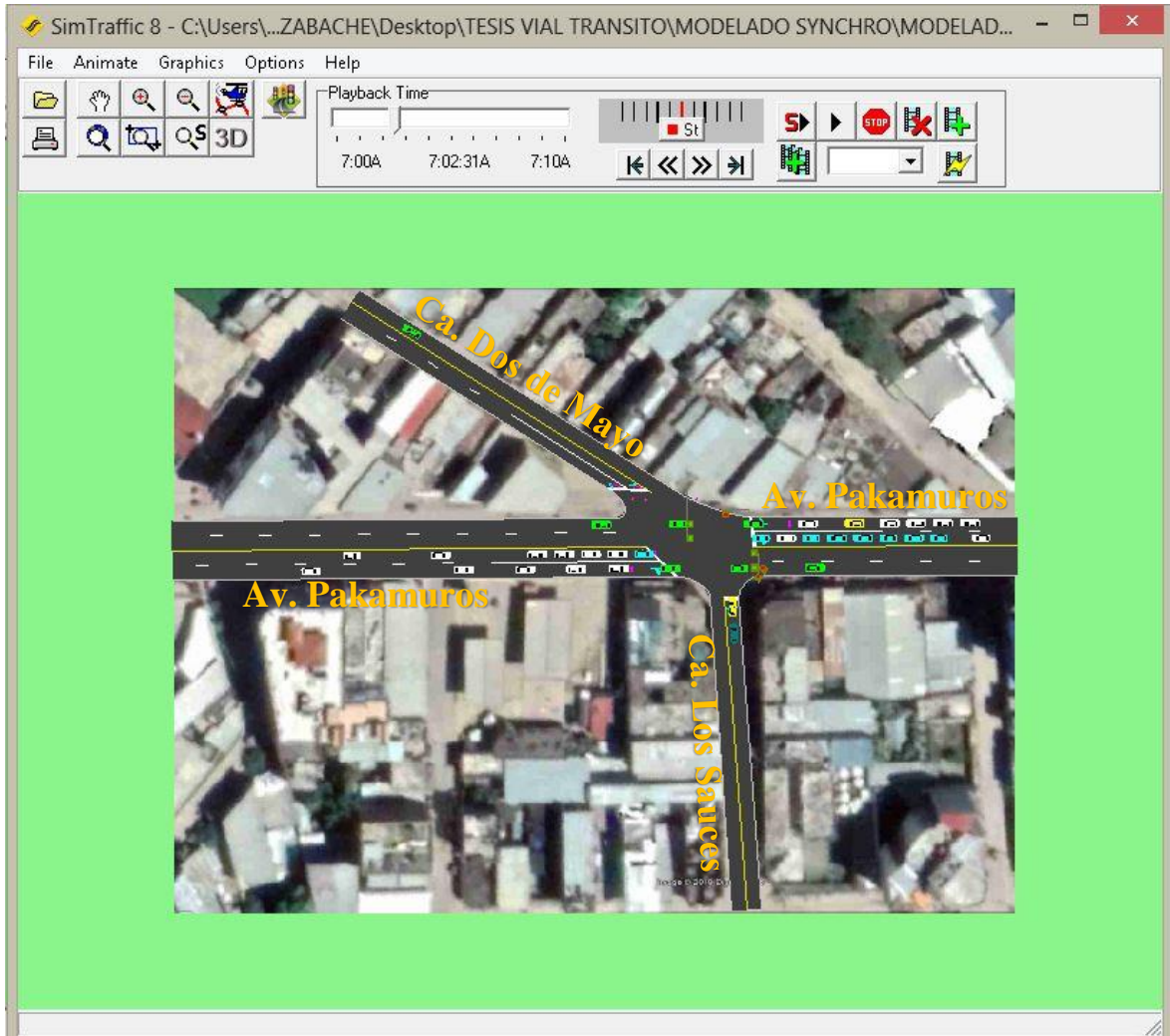
## Anexo C 2. Resumen de Estudio de Velocidad de Aproximación

<b>RESUMEN VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN</b>			
FASE N°	NOMBRE DE LA VIA	ACCESO	VEL. APROX. (KM/H)
1	Av. Pakamuros	Norte (N) Sur (S)	13.63
2	Ca. Los Sauces Ca. Dos de Mayo	Este (E) Oeste (O)	12.49

# **Anexo D**

**(Análisis de la Situación Actual para la  
Hora Pico Tarde)**

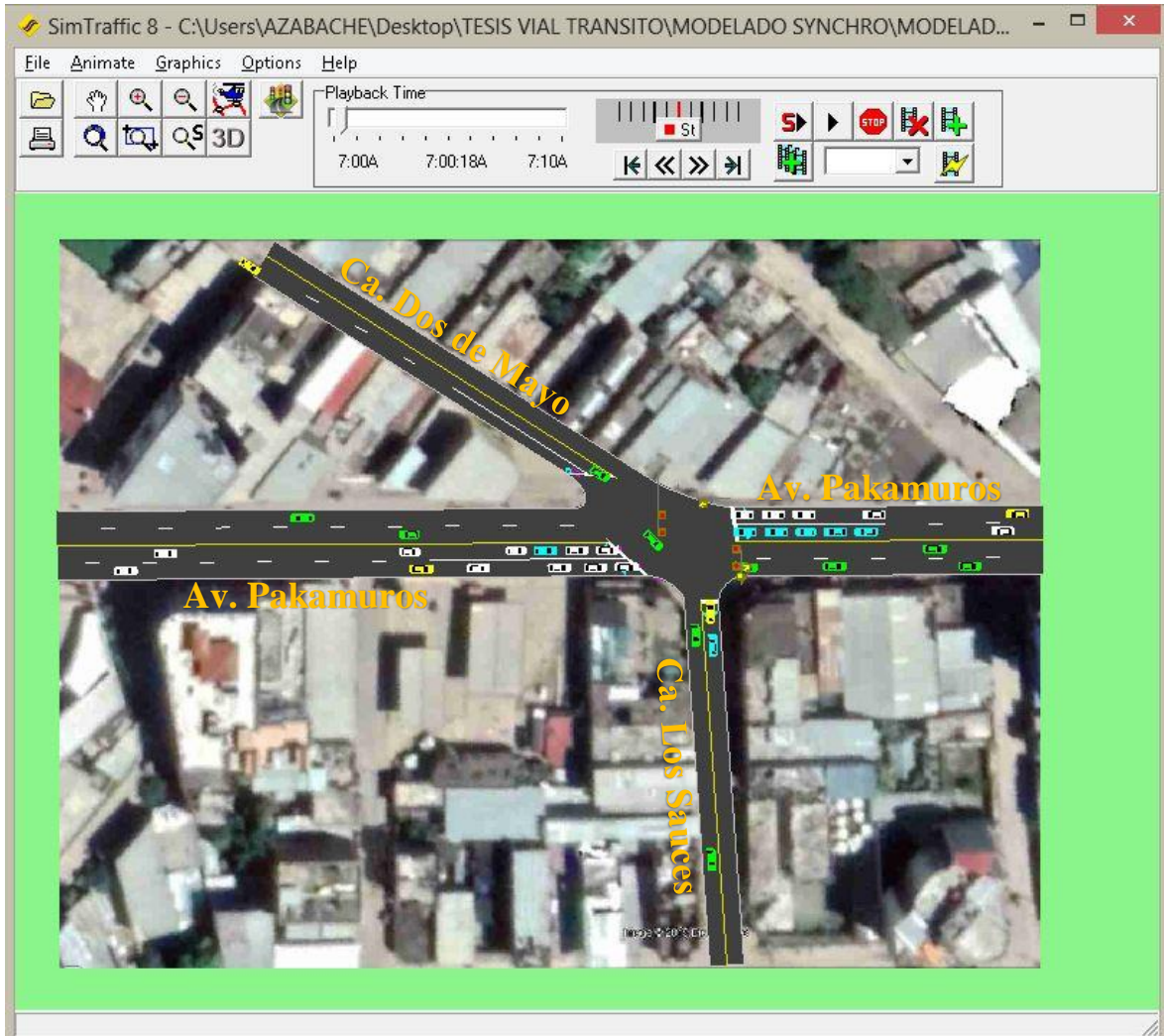
Anexo D 1. Situación actual simulada en SimTraffic Animation (2D).



# **Anexo E**

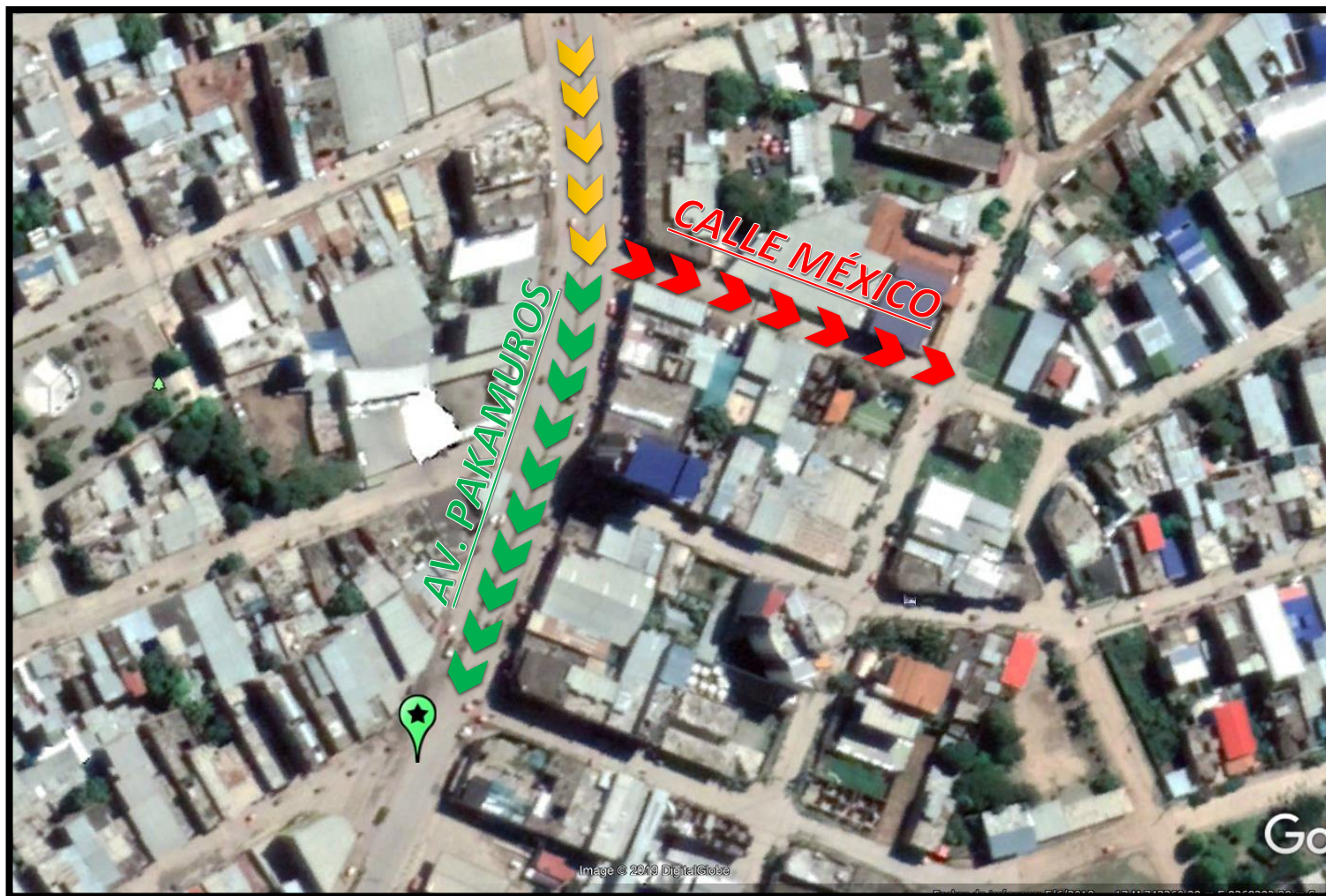
**(Alternativas de Solución Planteadas)**

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

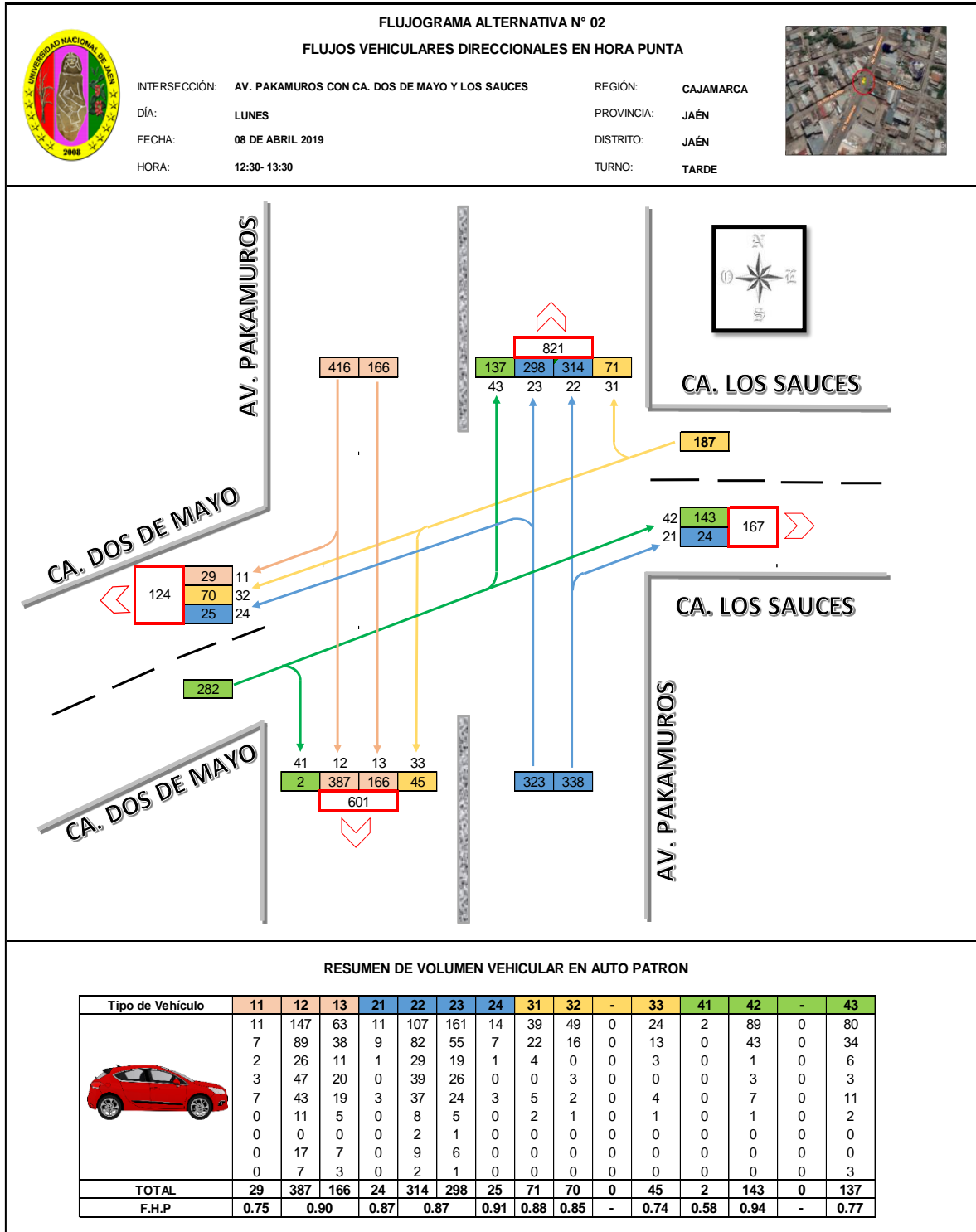




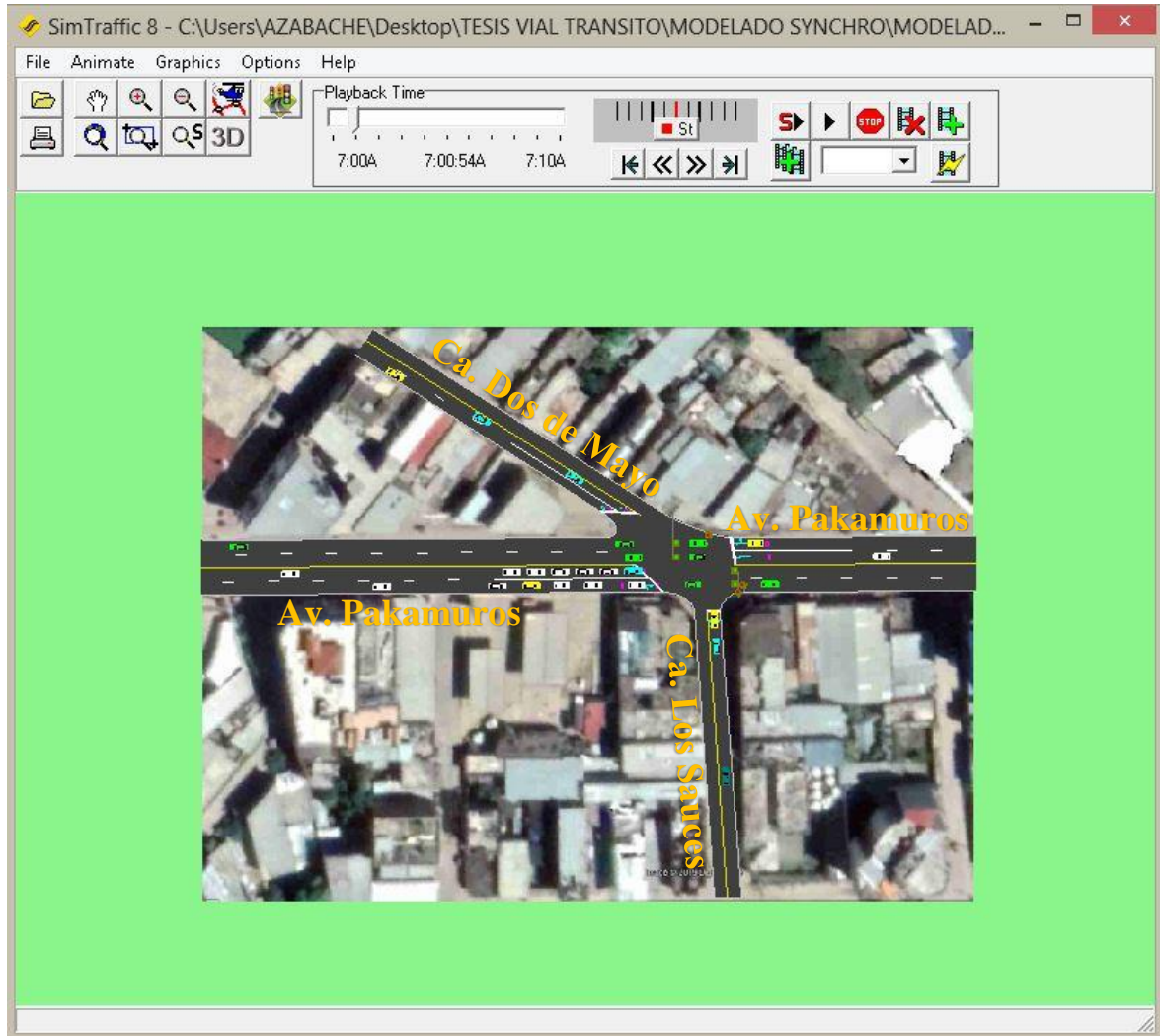
Anexo E 2. Vista Satelital de Alternativa N° 02



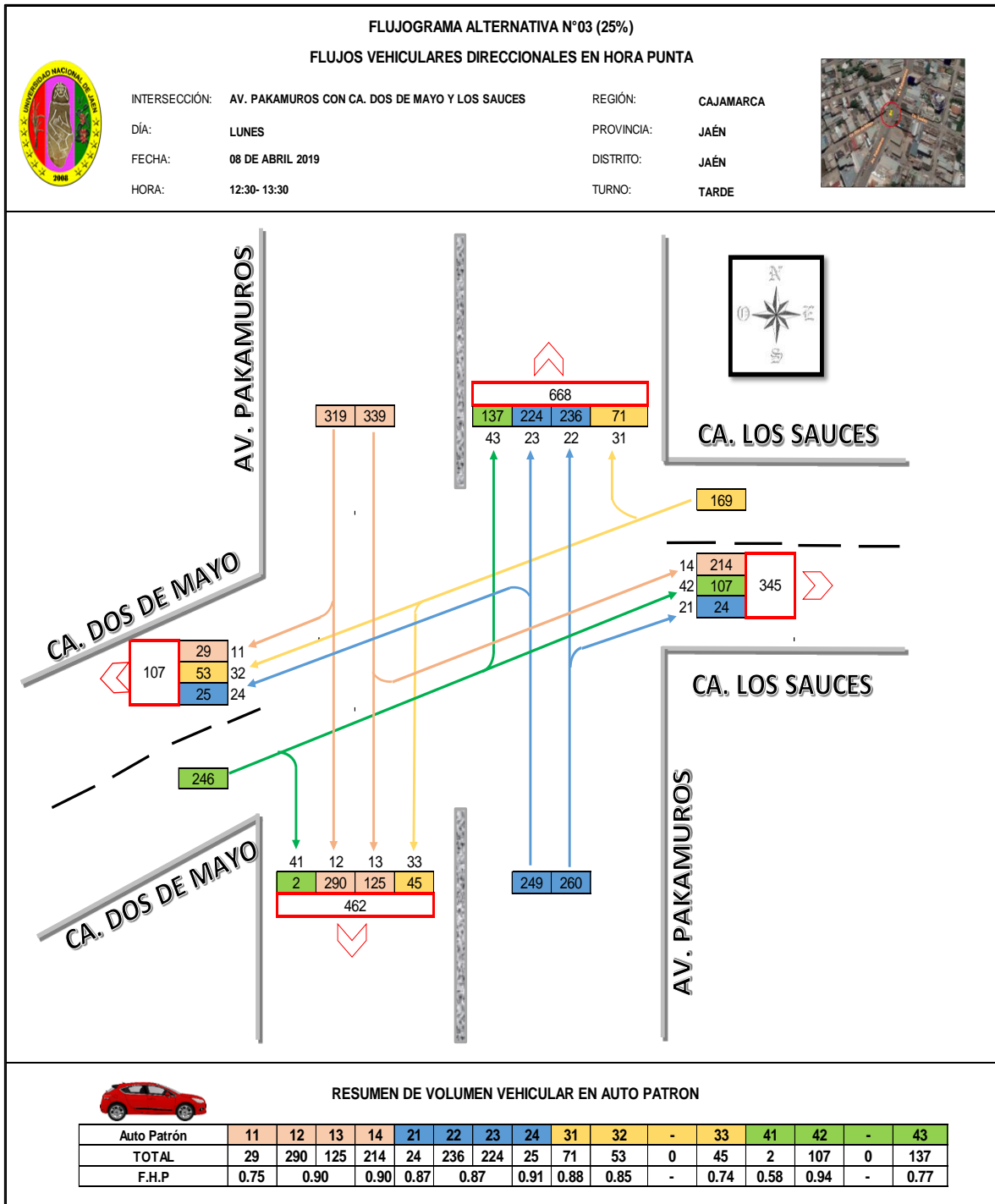
Anexo E 3. Flujograma de Alternativa 02 (Eliminación del Giro Izquierda en Acceso Norte)



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

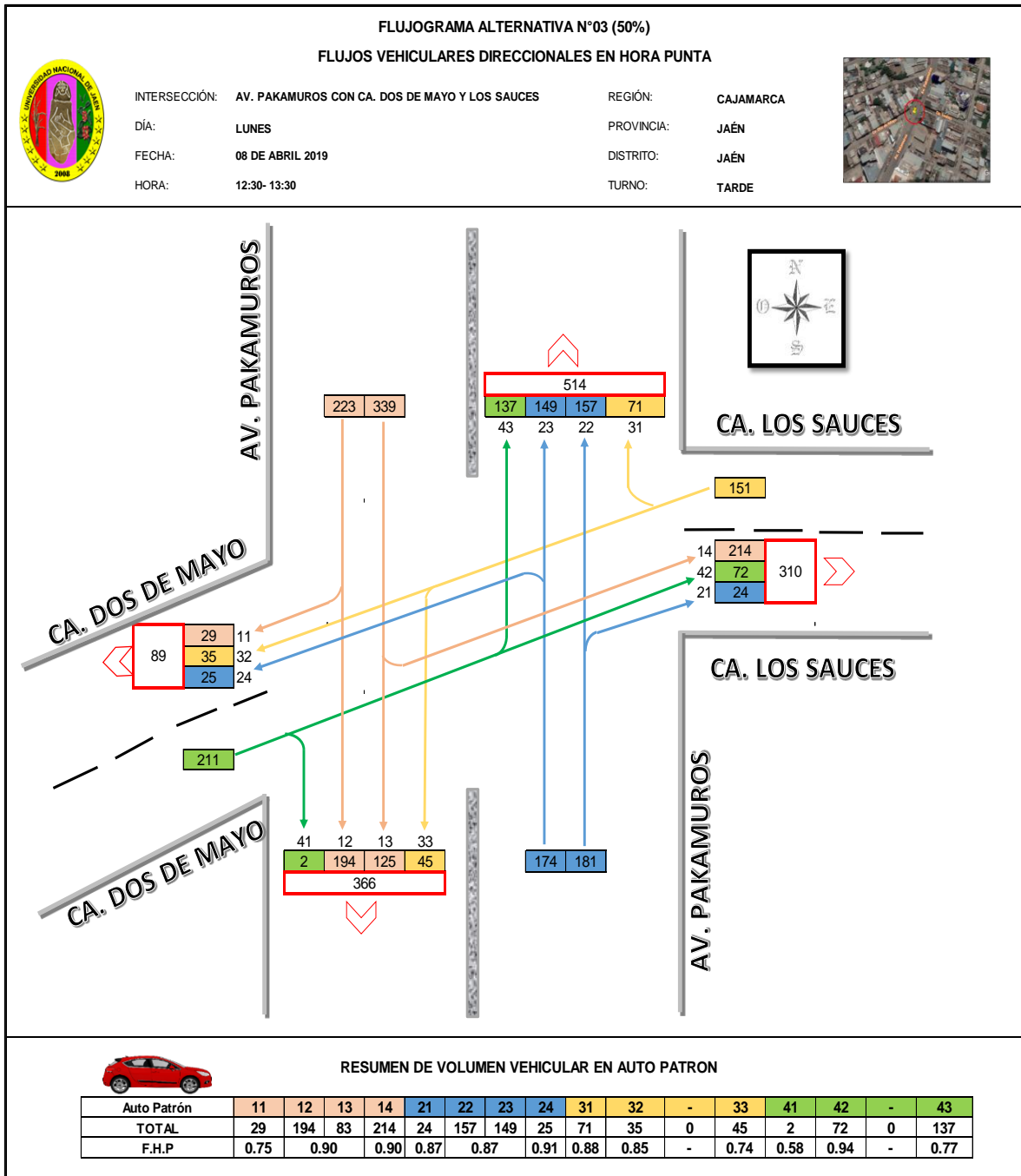


Anexo E 5. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 25%)

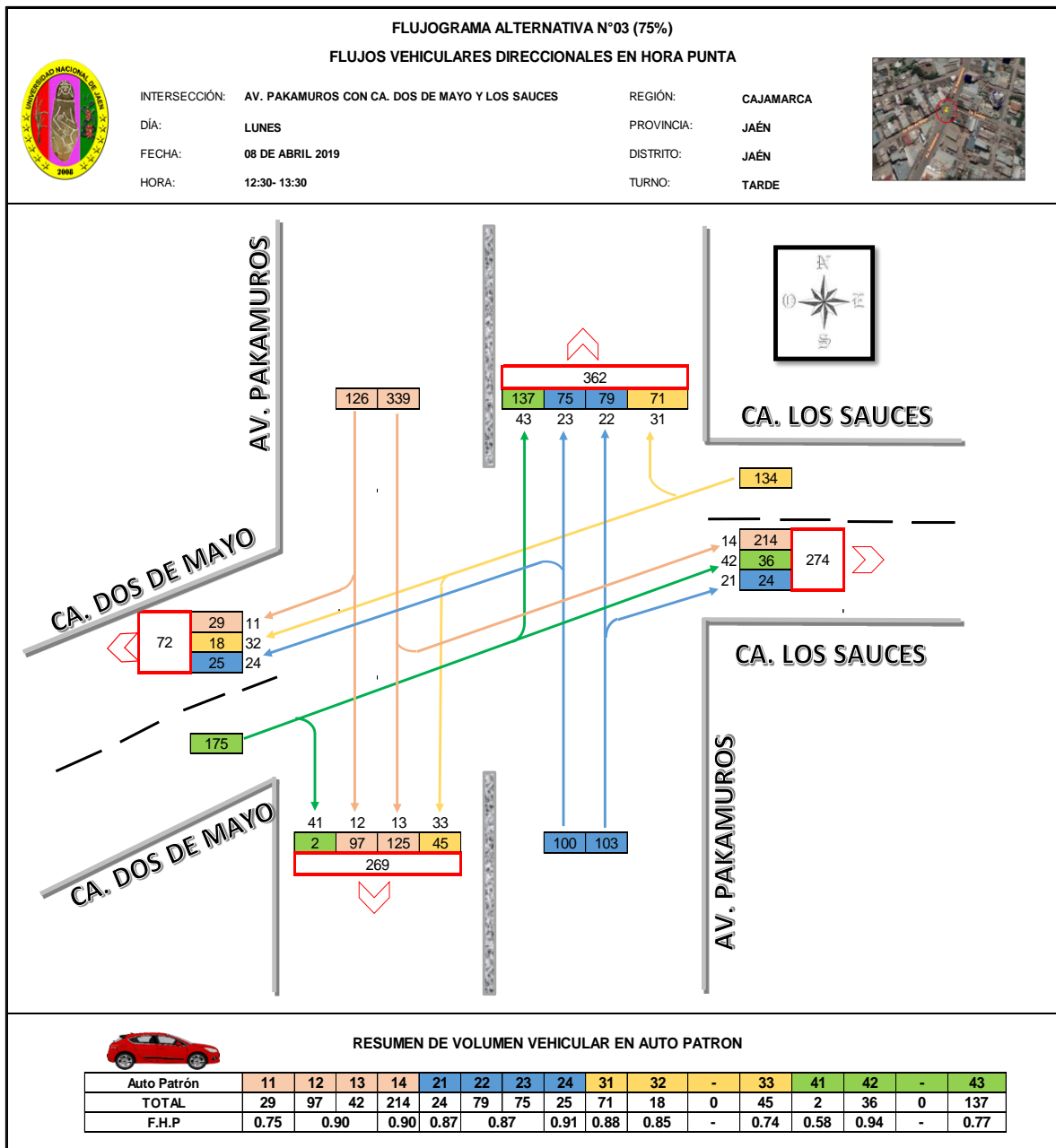




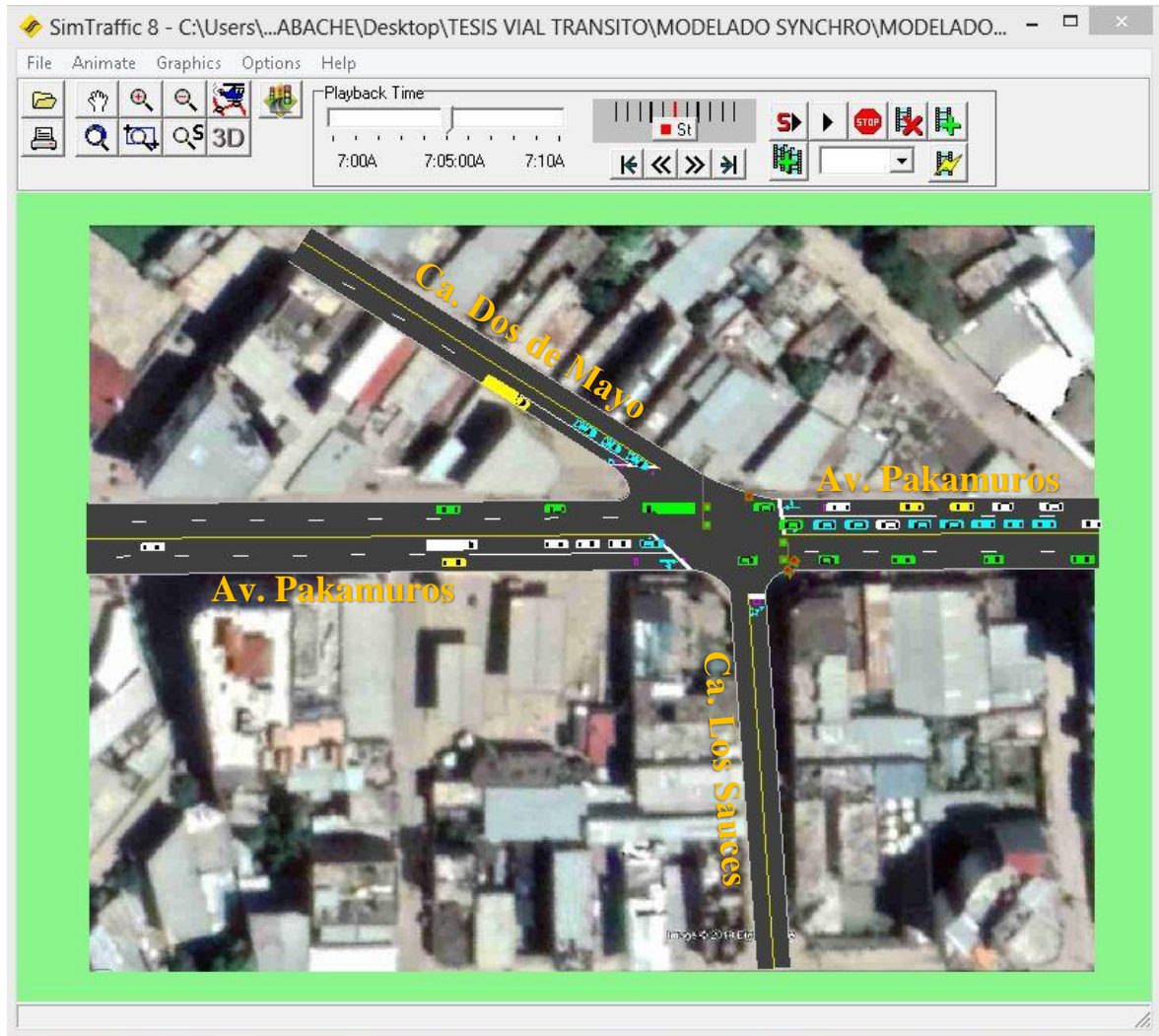
Anexo E 6. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 50%)



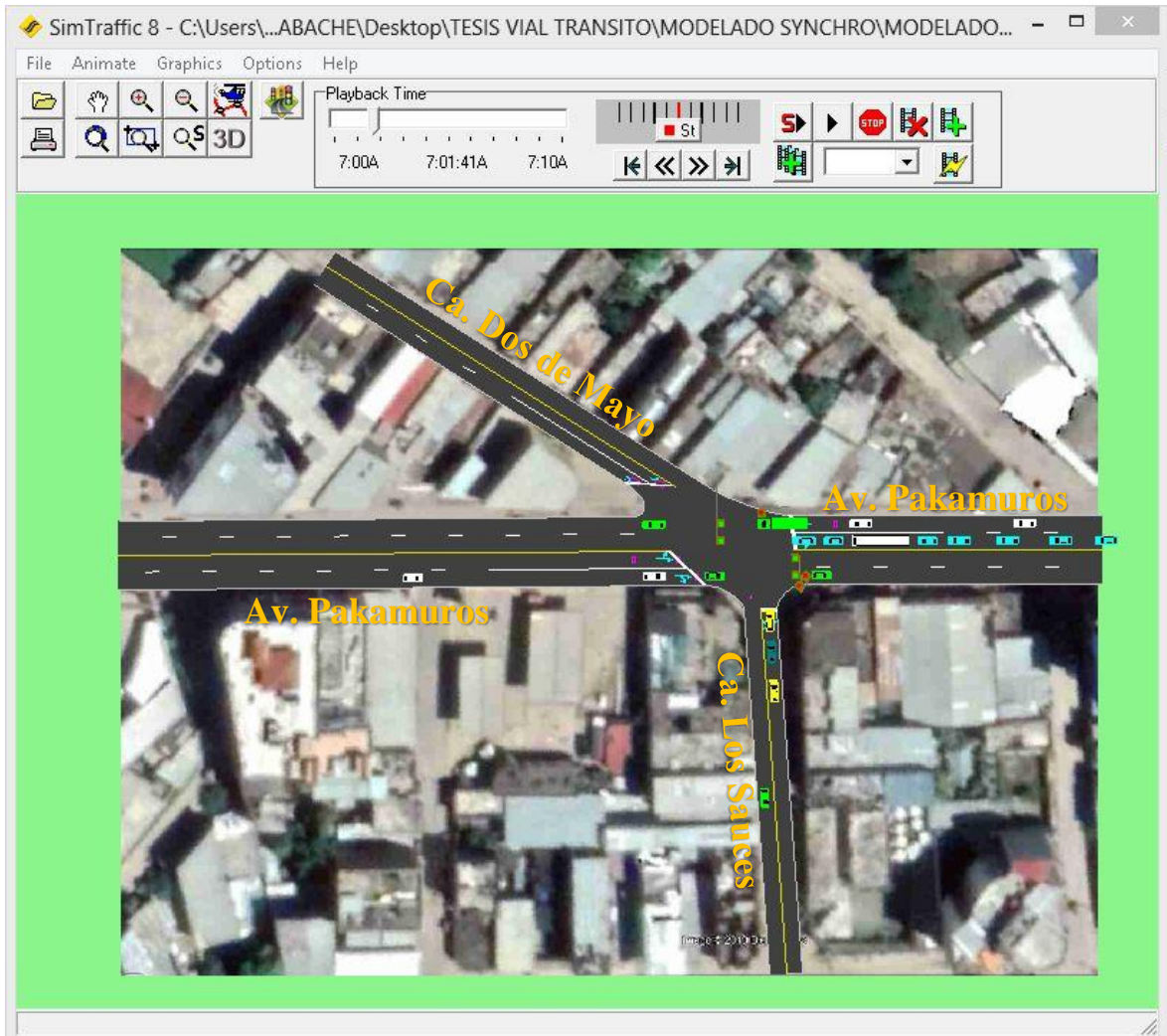
Anexo E 7. Flujograma de Alternativa 03 (Sustitución a Transporte Público al 75%)



Anexo E 8. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 25%) simulada en SimTraffic Animation (2D).

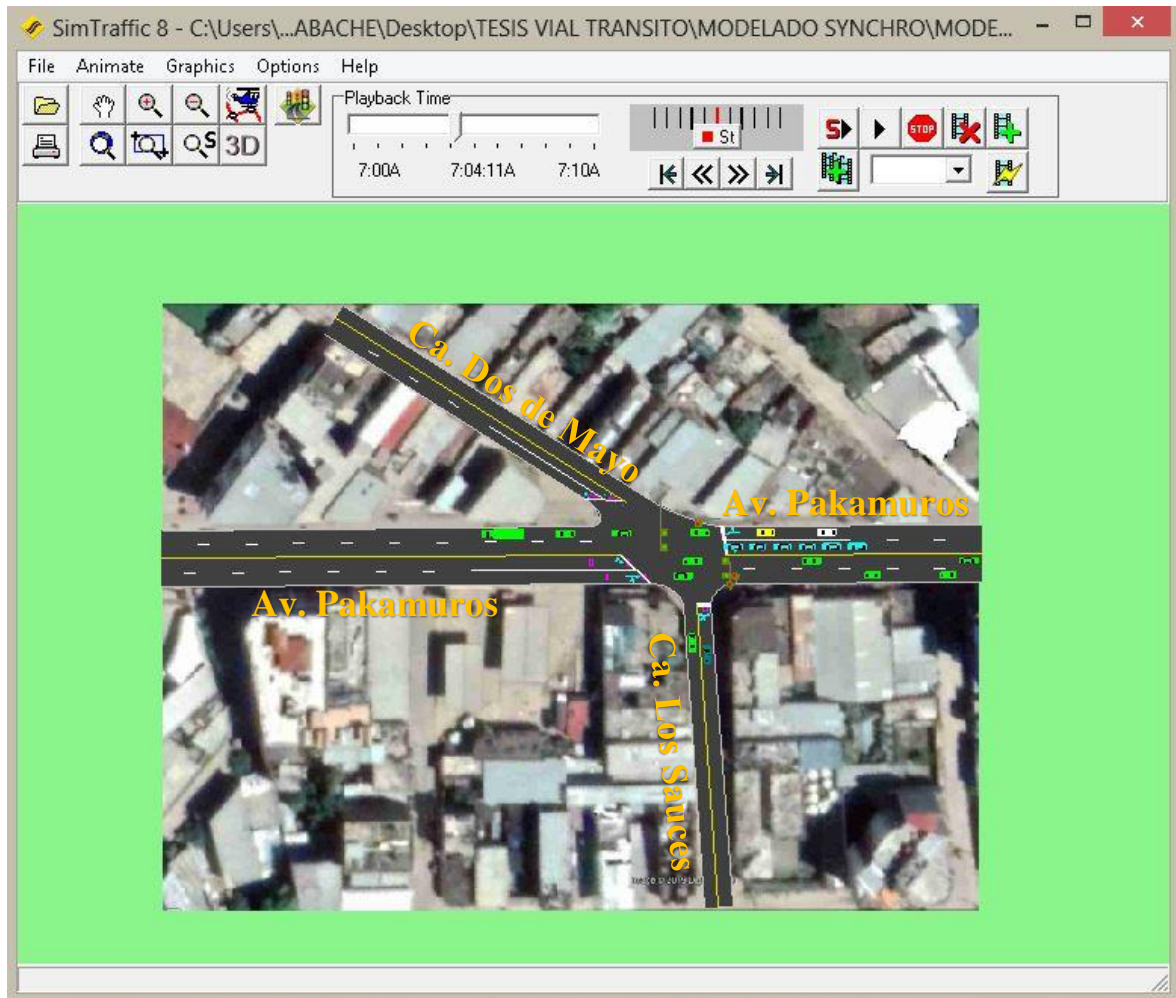


Anexo E 9. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 50%) simulada en SimTraffic Animation (2D).





Anexo E 10. Alternativa N° 3 (Sustitución a Transporte Público al 75%) simulada en SimTraffic Animation (2D).



# **Anexo F**

**(Panel Fotográfico)**

Anexo F 1. Toma de Medidas de Condiciones Geométricas





Anexo F 2. Filmación y Punto Estratégico del Aforo Vehicular (Método Mecánico)



Anexo F 3. Situación del flujo vehicular (Situación Actual)



# **Anexo G**

**(Planos)**



Anexo G 1. . Mapa de Zonificación de la intersección analizada

