

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFORME DE TESIS**

“Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna - Tacna”

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Eduardo Manuel Ortiz Lanchipa

Bach. Ana Lucía Veliz Cabrera

TACNA – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**Tesis**

**"Optimización del flujo vehicular en la intersección vial  
de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de  
Tacna - Tacna"**

Tesis sustentada y aprobada el...03... de...Abril...  
de...2018...; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

ING. PEDRO V. MARQUEA C. 

SECRETARIO:

ING. LUIS ENRIQUE VALLE CASTRO 

VOCAL:

ING. ERICK CAJERÓN LOZANO 

ASESOR:

ING. ROLANDO SALAZAR-CAJERÓN J. 

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Ortiz Lanchipa, Eduardo identificado con DNI 71045430 y Veliz Cabrera, Ana Lucía identificada con DNI 70753825, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna

Declaramos bajo juramento:

1. Ser autores de la tesis Titulada:  
“Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna – Tacna”  
La misma que presentamos para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

De identificarse la falta de fraude, autoplagio, piratería o falsificación, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, Febrero del 2018

Los autores.

Bach. Ortiz Lanchipa, Eduardo Manuel

\_\_\_\_\_

DNI: 71045430

Bach. Veliz Cabrera, Ana Lucía

\_\_\_\_\_

DNI: 70753825

## DEDICATORIA

A mis padres y hermana que gracias a su apoyo incondicional a lo largo de mi vida he podido crecer como persona y he logrado cumplir con cada meta que me he propuesto.

Por su cariño y consejos para poder mejorar día a día y para levantarme en cada caída que he podido tener durante todo este tiempo.

Bach. Eduardo Ortiz Lanchipa

## DEDICATORIA

A Dios, por protegerme de todo mal y permitirme llegar hasta este momento de mi vida.

A mis padres por todo el esfuerzo que hacen para apoyarme en la obtención de mis logros profesionales.

A mis hermanos Carla, Oscar, Diana y tías que siempre fueron una fuente de inspiración y con sus muestras de afecto me ayudaron anímicamente a seguir este camino.

A Eduardo y Sophie, mis queridos sobrinos, por entender las veces que no podía jugar y pasar tiempo con ustedes.

A Wendy, por sus consejos y apoyo incondicional, por estar allí siempre,

Bach. Ana Lucía Veliz Cabrera

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la dicha de vivir en este mundo y por sus bendiciones para lograr nuestras metas.

A la Universidad Privada de Tacna por brindarnos la enseñanza para nuestra formación profesional.

A nuestros padres y hermanos, que supieron apoyar en esta carrera de esfuerzo y dedicación académica.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Rolando Salazar-Calderon, por la orientación y apoyo constante en este arduo camino.

A nuestros compañeros y amigos Carlos, Andrea, Sheyla, Sonia, Adrian, Valia y Wendy que de una u otra forma colocaron un granito de arena para el logro de este proyecto de investigación.

Autores

## CONTENIDO GENERAL

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación e importancia .....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Hipótesis .....	5
1.5.1. Hipótesis general .....	5
1.5.2. Hipótesis específicas.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes del estudio .....	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Flujo vehicular .....	8
2.2.2. Horas pico .....	9
2.2.3. Tráfico vehicular .....	9
2.2.4. Ingeniería de tráfico vehicular .....	9
2.2.5. La congestión vehicular .....	10
2.2.6. Tipos de flujo .....	10
2.2.7. Volumen de tráfico.....	11
2.2.8. Velocidad.....	11
2.2.9. Dispositivo para el control de tránsito .....	11
2.2.10. Conteo o aforos vehiculares .....	12
2.2.11. Simulación de tráfico vehicular .....	12
2.2.12. Intersecciones viales.....	13

2.2.13. Capacidad y niveles de Servicio .....	13
2.2.14. Análisis operacional del HCM 2000 .....	17
2.3. Definición de términos.....	18
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	19
3.1. Tipo y nivel de la Investigación .....	19
3.2. Población y/o muestra de estudio .....	19
3.3. Operacionalización de variables.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	19
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	21
3.5.1. Aforo Vehicular.....	21
3.5.2. Tiempo de semaforización .....	31
3.5.3. Carriles existentes.....	32
3.5.4. Uso del Software Synchro v8 .....	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	45
4.1. Situación actual.....	45
4.2. Propuestas de Alternativas de Solución .....	57
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	69
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS .....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de densidades máximas permitidas .....	14
Tabla 2: Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.....	15
Tabla 3: Operacionalización de variables. ....	19
Tabla 4: Aforo vehicular martes 05 de diciembre 2017. ....	22
Tabla 5: Aforo vehicular Jueves 05 de diciembre 2017.....	23
Tabla 6: Aforo vehicular sábado 09 de diciembre 2017.....	24
Tabla 7: Resumen de Conteo Vehicular por horas.....	25
Tabla 8: Aforo vehicular de la Av. Gustavo Pinto entrada durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico. ....	26
Tabla 9: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Gustavo Pinto entrada. ....	27
Tabla 10: Aforo vehicular de la Av. Gustavo Pinto salida durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico. ....	27
Tabla 11: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Gustavo Pinto salida.....	28
Tabla 12: Aforo vehicular de la Av. Industrial entrada durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico. ....	29
Tabla 13: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Industrial entrada.....	29
Tabla 14: Aforo vehicular de la Av. Industrial salida durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico. ....	30
Tabla 15: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Industrial salida.....	31
Tabla 16: Factores ingresados en la opción de Lane Settings. ....	38
Tabla 17: Anchos de carriles por cada acceso.....	38
Tabla 18: Pendientes de cada acceso. ....	38
Tabla 19: Distancias del carril derecho en la Av. Industrial. ....	38
Tabla 20: Factores ingresados en la opción de Volume Settings. ....	39
Tabla 21: Factores de hora punta por veh/hor. ....	39
Tabla 22: Cantidad de veh/hora de cada acceso. ....	40
Tabla 23: Factor de hora punta de cada giro en cada acceso.....	40
Tabla 24: Vehículos pesados que pasan por cada acceso. ....	40
Tabla 25: Porcentaje de vehículos pesados que pasan por cada acceso. ....	40
Tabla 26: Cantidad de micros y combis rural que pasan por cada acceso.....	41
Tabla 27: Factores Timing Settings.....	41

Tabla 28: Fases Protegidas modificadas para el tránsito vehicular real. ....	43
Tabla 29: Resultados del programa. ....	45
Tabla 30: Factores utilizados por el Synchro V8, considerando movimientos de grupo de carril y número de líneas. ....	46
Tabla 31: Resultados para factor de utilización del carril. ....	46
Tabla 32: Resultados para factor de giro a la derecha. ....	47
Tabla 33: Resultados para factor de giro a la izquierda. ....	47
Tabla 34: Resultados para Tasa de flujo saturado. ....	47
Tabla 35: Resultados para Factor derecho de Bicicleta. ....	48
Tabla 36: Resultados para Factor izquierdo de Bicicleta. ....	48
Tabla 37: Resultados del programa. ....	49
Tabla 38: Resultados de Adjusted Flor (vph). ....	49
Tabla 39: Resultados de Lane Group Flow. ....	49
Tabla 40: Resultados del programa. ....	50
Tabla 41: Niveles de Servicio segun demora. ....	51
Tabla 42: Tiempos de verde para cada giro en cada acceso. ....	53
Tabla 43: Resultado de Actuated g/C Ratio. ....	53
Tabla 44: Resultado de Volume to capacity Ratio. ....	53
Tabla 45: Resultado de Control Delay. ....	54
Tabla 46: Resultado de Total Delay. ....	54
Tabla 47: Resultado de LOS. ....	54
Tabla 48: Resultado de Approach Delay. ....	55
Tabla 49: Resultado de Approach LOS. ....	55
Tabla 50: Resultado de Queue Length 50 th (m). ....	55
Tabla 51: Resultado de Queue Length 95 th (m). ....	56
Tabla 52: Resultado de Stops. ....	56
Tabla 53: Resultado de Fuel Used. ....	56
Tabla 54: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas. ....	59
Tabla 55: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas. ....	63
Tabla 56: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas. ....	67
Tabla 57: Situación actual. ....	69
Tabla 58: Comparación de resultados. ....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología operacional para intersecciones semaforizadas. ....	17
Figura 2: Ubicación de la Intersección Av. Gustavo Pinto c/ Av. Industrial.....	20
Figura 3: Croquis de la Intersección Av. Gustavo Pinto c/ Av. Industrial. ....	21
Figura 4: Variación de volúmenes día 05/12/17 .....	22
Figura 5: Variación de volúmenes 07/12/17.....	23
Figura 6: Variación de volúmenes 09/12/17.....	24
Figura 7: Comparación del aforo vehicular.....	25
Figura 8: Resumen de Aforo por periodo de 15 minutos.....	25
Figura 9: Participación según tipo de Vehículo en los 15 minutos con mayor aforo vehicular. ....	26
Figura 10: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).....	26
Figura 11: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Gustavo Pinto E.....	27
Figura 12: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).....	28
Figura 13: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Gustavo Pinto S.....	28
Figura 14: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).....	29
Figura 15: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Industrial entrada. ....	30
Figura 16: Participación según tipo de vehículo (8:00am-8:15am).....	30
Figura 17: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Industrial salida.....	31
Figura 18: Tiempo de semaforización. ....	31
Figura 19: Ancho de carriles de la Av. Gustavo Pinto entrada. ....	32
Figura 20: Ancho de carriles de la Av. Gustavo Pinto salida. ....	32
Figura 21: Ancho de carriles de la Av. Industrial entrada. ....	33
Figura 22: Ancho de carriles de la Av. Industrial salida. ....	33
Figura 23: Ingreso de imagen de la intersección.....	34
Figura 24: Dibujo de las vías. ....	35
Figura 25: Generando curvatura. ....	35
Figura 26: Intersección de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.....	36
Figura 27: Ingreso de los giros correspondientes a cada acceso.....	36
Figura 28: Se observa cada acceso con sus respectivos flujos vehiculares.....	37
Figura 29: Ingreso de datos en Lane Settings.....	37
Figura 30: Cuadro de Volumen Settings. ....	39
Figura 31: Cuadro de datos de Node Settings/Timing Settings.....	41
Figura 32: Fases protegidas que el Synchro V8 considera por defecto.....	42
Figura 33: Tiempos de verde, ambar y todo rojo de los semáforos. ....	43
Figura 34: Resultados del programa Synchro v8. ....	45

Figura 35: Resultados del programa en Volume Settings. ....	48
Figura 36: Resultados del programa. ....	50
Figura 37: Nivel de servicio de la intersección. ....	51
Figura 38: ICU de la intersección. ....	52
Figura 39: Nivel de servicio de cada acceso. ....	57
Figura 40: Situación actual Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial. ....	57
Figura 41: Eliminación de giros a la izquierda. ....	58
Figura 42: Cambio de fases protegidas. ....	58
Figura 43: Modificación del Total Split. ....	59
Figura 44: Botones para optimizar. ....	59
Figura 45: Nivel de servicio C de la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial. ....	60
Figura 46: Nivel de servicio de cada acceso. ....	60
Figura 47: ICU de la intersección. ....	61
Figura 48: Direcciones de los giros. ....	61
Figura 49: Croquis de Solución 2 propuesta. ....	62
Figura 50: Diseño de una rotonda. ....	62
Figura 51: Criterios de diseño para una rotonda. ....	63
Figura 52: Configuración para la rotonda. ....	63
Figura 53: Nuevas direcciones y giros. ....	64
Figura 54: Resultados de la simulación. ....	64
Figura 55: ICU de la intersección. ....	65
Figura 56: Direcciones de los giros. ....	65
Figura 57: Situación actual. ....	66
Figura 58: Croquis Solución 3 propuesta. ....	66
Figura 59: Nuevas direcciones y giros. ....	67
Figura 60: Nivel de servicio de los accesos. ....	67
Figura 61: ICU de la intersección. ....	68
Figura 62: Direcciones de los giros. ....	68
Figura 63: Saturación de los accesos. ....	69
Figura 64: Saturación de los accesos con la solución 1. ....	70
Figura 65: Saturación de los accesos con la solución 2. ....	71
Figura 66: Saturación de los accesos con la solución 3. ....	71

**INDICE DE ANEXOS**

<u>ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</u>	<u>78</u>
<u>ANEXO 02: PLANO DE UBICACIÓN.....</u>	<u>79</u>
<u>ANEXO 03: PLANO DE FLUJO VEHICULAR.....</u>	<u>80</u>
<u>ANEXO 04: HOJAS DE CÁLCULO EXCEL.....</u>	<u>81</u>
<u>ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO.....</u>	<u>82</u>
<u>ANEXO 06: COPIAS DEL CONTEO VEHICULAR MANUAL.....</u>	<u>87</u>
<u>ANEXO 07: CAP. 4 DEL MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS.....</u>	<u>88</u>

## RESUMEN

El objetivo principal de éste trabajo de investigación es optimizar el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial ubicado en la Ciudad de Tacna, departamento de Tacna. La intersección en estudio es muy concurrida por diferentes tipos de vehículos, generando congestión vehicular especialmente en horas punta provocando caos y grandes colas de vehículos. Para lograr la optimización de esta intersección, lo primero que se hizo fue la evaluación del comportamiento del flujo vehicular para poder determinar el nivel de servicio de la intersección en función del volumen de tráfico y las características geométricas de la misma. En campo se realizó la toma de información básica del estado actual de la intersección: conteo vehicular, tiempo de semaforización y carriles existentes, usando para ello las metodologías de análisis del HCM 2000 y Synchro v8. Los datos obtenidos en campo fueron procesados mediante hojas de cálculo Excel, para luego usarlo como datos de entrada para la simulación de tráfico en el programa Synchro v8. Cabe resaltar que el estudio fue realizado en Diciembre 2017. La simulación nos dio como resultado un nivel de servicio de "F". Se propuso 3 alternativas de solución para la optimización del flujo vehicular de la intersección en estudio es: cambio de fases del semáforo y así también eliminar el giro a la izquierda, mejorando los tiempos de semaforización y por ultimo realizar un intercambio vial en el acceso de la Av. Gustavo Pinto Entrada ya que dicho acceso es el que se muestra más congestionado. Esperemos que este trabajo quede como una herramienta de consulta para proyectos posteriores.

**Palabras Claves:** Nivel de Servicio, Flujo vehicular, Volumen de tráfico, Intersección, Tiempo de semaforización.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to optimize the traffic flow at the intersection of Gustavo Pinto Avenue with Industrial Avenue located in the City of Tacna, department of Tacna. The intersection in the study is very crowded by different types of vehicles, generating traffic congestion especially at peak hours causing chaos and large queues of vehicles. To achieve the optimization of this intersection, the first thing that was done was the evaluation of the behavior of the vehicular flow to be able to determine the level of service of the intersection based on the traffic volum and the geometric characteristics of it. In the field, the basic information of the current state of the intersection was taken: vehicle counting, traffic signaling time and existing lanes, using the HCM 2000 and Synchro v8 analysis methodologies. The data obtained in the field were processed using Excel spreadsheets, to then use it as input data for traffic simulation in the Synchro v8 program. It should be noted that the study was conducted in December 2017. The simulation gave us as a result an index of serviceability of F. It was proposed 3 alternatives of solution for the optimization of the vehicular flow of the intersection in study is: change of phases of the semaphore and thus also eliminate the left turn, improving the times of traffic lights and finally to make a road interchange in the access of Av. Gustavo Pinto Entrance since said access is the one that is shown to be more co-managed. We hope that this work remains as a consultation tool for later projects.

**Key words:** Level of Service, Traffic flow, Traffic volum, Intersection, traffic signaling time.

## INTRODUCCIÓN

El tráfico vehicular es actualmente uno de los principales problemas que enfrentan las principales ciudades urbanas del mundo, el cual afecta a la sociedad y al medio ambiente. Actualmente la ciudad de Tacna no es la excepción.

Uno de los principales problemas que se ve día a día es el claro congestionamiento vehicular debido al incremento del parque automotor de la ciudad. La intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con Av. Industrial, es el punto de atracción de los usuarios que se dirigen hacia el cono norte y sur de la ciudad, así como también hacia el Parque Industrial.

Aspectos como la falta de planificación y situación económica contribuyen a tener graves problemas con el transporte urbano, generando pérdidas de tiempo al trasladarse de un lugar a otro, contaminación ambiental, etc.

El presente trabajo de investigación busca la optimización de esta intersección, proponiendo alternativas de solución, empleando herramientas del HCM 2000 y Synchro 8.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

La congestión vehicular es un problema que puede resultar muy caro. En estos últimos años la demanda del transporte y del tránsito vial, han causado, en especial a las ciudades principales, más accidentes, más demoras, más congestión, más problemas y mayor contaminación ambiental.

Tacna no es la excepción. Las principales intersecciones viales de la ciudad de Tacna como el cruce de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial tienen como problema: el exceso de vehículos que circulan por esas vías haciendo que el nivel de servicio de la vía esté en niveles críticos.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **Pregunta general**

¿Cómo optimizamos el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial?

#### **Preguntas específicas**

- ¿Cuál es el comportamiento del tráfico vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial?
- ¿Cuál es el nivel de servicio de la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial?
- ¿Cuál es la mejor solución para optimizar el flujo vehicular de la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial?

### **1.3. Justificación e importancia**

La presente investigación evaluará alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio de la vía. Mejorando así las condiciones de transitabilidad de los vehículos.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

- Optimizar el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento del tráfico vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

- Determinar el nivel de servicio de la vía en la intersección de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial mediante el programa Synchro v8.
- Proponer alternativas de solución para optimizar el flujo vehicular de la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

## **1.5. Hipótesis**

### 1.5.1. Hipótesis general

- Con la ampliación de la capacidad de red vial y mejoramiento de señalización mejora el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- El comportamiento del tráfico vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial, muestra un alto flujo vehicular.
- La intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial presenta un nivel de servicio crítico por el alto flujo vehicular.
- Evaluando la mejor alternativa de solución se optimiza el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

En nuestra ciudad no se dispone de literatura que se encuentre relacionada con los objetivos del presente trabajo. Logramos encontrar investigaciones realizadas en algunas ciudades del Perú y en el exterior que fueron una guía para el presente trabajo.

En Ecuador, León, S (2017) presenta la tesis titulada: “ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE PASAJE”. Este proyecto tiene como objetivo principal de determinar el flujo vehicular mediante los datos recopilados en el área de estudio con la finalidad de conocer el comportamiento vehicular que presenta las intersecciones semaforizadas del Cantón Pasaje. León, S. manifiesta que tener un flujo vehicular eficiente es uno de los factores esenciales para el desarrollo de un país, una ciudad o una región, por lo que algunas ciudad del mundo han realizado estudios para reducir los riesgos que se generan al tener una máxima demanda vehicular debido al crecimiento poblacional y por ende vehicular, presentándose ésta problemática sobre todo en las intersecciones por ser un punto donde confluyen varias líneas de flujo provocando conflictos entre vehículos o entre el vehículo y el peatón, es decir, la dificultad de la circulación del tráfico provoca accidentes y congestionamiento e inclusive aumenta el ruido y la contaminación (León, 2017).

Mediante cuadros y figuras estadísticas de la composición vehicular, la variación horaria y diaria de volumen de tránsito de cada intersección de estudio que se obtienen mediante la recolección de datos por medio de aforos manuales. Con los resultados del estudio de tráfico promedio diario anual y la aplicación del programa Synchro 8 se obtuvieron resultados para optimizar el flujo vehicular mediante la sincronización semafórica por ser una medida de solución que presentan algunos países para controlar el flujo vehicular.

Como resultado de la recopilación de datos se pudo identificar que en el área de estudio circulan en su mayoría motos, camiones y buses livianos con niveles de servicio A, A y B. Teniendo así 900 vehículos mixtos/hora.

Es necesario realizar investigaciones del flujo vehicular existente en nuestro país con la finalidad de dar una solución acorde a los problemas de tránsito que

surgen, ya sea por la sincronización de semáforos y otros métodos, y brindar un mejor desarrollo al país, sobre todo en cuanto a sus infraestructuras viales (León, 2017).

En Colombia, Ruíz, S. (2012), realizó una investigación que tuvo como fin la evaluación del flujo vehicular en la intersección de la Carrera 70 con la calle 09, que se originaría por la construcción de una vía subterránea en el aeropuerto Enrique Olaya Herrera en la ciudad de Medellín.

Ruíz, S. (2012) considera que la construcción de la vía subterránea atraería el incremento considerable de los flujos vehiculares. Para el análisis del comportamiento vehicular de la intersección, realizó la simulación del tráfico mediante el programa SIDRA INTERSECTION 5.1. Para la construcción del modelo fue necesario ingresar datos referidas a la geometría del tránsito y del comportamiento vehicular.

Sin ir muy lejos, en Huancayo, Osore, V. (2016) realiza la tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO POR ANÁLISIS DE TRÁFICO EN LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA MARISCAL CASTILLA – JULIO SUMAR EL TAMBO, 2015". Osore señala que es de suma importancia la evaluación del comportamiento de intersecciones semaforizadas. En este trabajo de investigación emplea metodologías de análisis del HCM 2000 y Synchro v8 para el correcto análisis de dicha intersección. Añade además que el Software Synchro v8 podría ayudar a dar mejores resultados siempre y cuando sean empleados datos de campo, ya que el programa, brindará resultados reales.

En Lima, Reyna, P. (2015), propone una alternativa para mejorar el nivel de servicio de dos intersecciones analizadas en el distrito de Miraflores. Analizando el grado de saturación de las dos intersecciones, calculó las demoras y con ello se determinó el nivel de servicio. Evalúa además los ciclos semaforicos como una mejora al nivel de servicio, con el fin de agilizar el tránsito en horas punta.

El libro titulado: INGENIERÍA DE TRÁNSITO: Fundamentos y aplicaciones, en su octava edición el libro presenta en sus primeros capítulos una visión general que va llevando al lector por una reflexión conceptual sobre el problema del tránsito y su solución; por el concepto del tránsito como un componente de la ingeniería de transporte; por el papel que desempeña cada uno de los elementos empleados: usuario – vehículo – sistema vial; y por la interrelación funcional y operativa que se genera entre ellos. En los capítulos intermedios y finales, el libro trata temas muy especializados como dispositivos de regulación, volúmenes, velocidades,

congestión, estacionamientos, accidentalidad y otros, tratados de manera concienzuda y clara (Cal y Mayor, 2007).

Este libro da a conocer tres tipos de solución que se puede dar al problema del tránsito, los cuales son:

### 1. Solución integral

Si el problema es causado por un vehículo moderno sobre carreteras y calles antiguas, la solución integral consistirá en construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, dentro de la previsión posible. Se necesitará crear ciudades con un trazo nuevo, revolucionario, con calles destinadas al desplazamiento del vehículo moderno, con todas las características inherentes al mismo.

### 2. Solución parcial de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente se tiene, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos, como calles angostas, cruces peligrosos, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, etc., pueden atacarse mediante la inversión necesaria que es, siempre, muy elevada. Entre las medidas que pueden tomarse están: el ensanchamiento de calles, modificación de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

### 3. Solución parcial de bajo costo

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario, y a la coherente localización de actividades con respecto al patrón de usos del suelo y a las características físicas del sistema vial de acceso.

## **2.2. Bases teóricas**

### 2.2.1. Flujo vehicular

Es denominado así al movimiento de vehículos en una calle o avenida con una dirección determinada (Sotomayor, 2014).

Conocido como el número de carros que pasan por un lugar determinado por unidad de tiempo. Hay muchas aproximaciones matemáticas que intentan modelar el flujo vehicular en términos de algunas características. Todas ellas responden con

cierto grado de apego a la realidad, midiendo alguna o algunas características del flujo vehicular (Coraspe y Marsiglia, 2011).

#### 2.2.2. Horas pico

Corto tiempo durante el cual, circulan mayor cantidad de vehículos que lo acostumbrado aumentando así el flujo vehicular (Sotomayor, 2014)

#### 2.2.3. Tráfico vehicular

El tráfico vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle, avenida o carretera. Presenta también muchas similitudes con otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos), flujo de peatones, entre otros (Ruíz de Somocurcio, 2008).

#### 2.2.4. Ingeniería de tráfico vehicular

La ingeniería de tráfico vehicular se puede definir como la rama de la ingeniería civil que planifica, diseña y opera el tráfico en las vías, calles y autopistas, tomando en consideración su infraestructura, sus alrededores y la relación con los medios de transporte, alcanzando de esta manera una fluidez eficiente y segura tanto de personas como de vehículos (Lopez, 2014).

#### ELEMENTOS DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO VEHICULAR

##### - Elementos estáticos

Son aquellos elementos que están presentes en forma pasiva en la planificación, diseño y operación de la ingeniería de tráfico, pero que contribuyen a un mejor entendimiento de un sistema vial. Tal es el caso de las Señales viales (Lopez, 2014).

Las señales viales son dispositivos de control que indican a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones estrictamente necesarias (Cal y Reyes, 2007).

##### - Elementos dinámicos

Son aquellos elementos que actúan de forma activa en la planificación, diseño y operación de la ingeniería de tráfico y que contribuyen de gran manera el desempeño de un sistema vial (Lopez, 2014).

Los sensores y los semáforos son los elementos que destacan.

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 son el verde, amarillo y rojo. Su finalidad principal es la de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible (Cal y Reyes, 2007).

### 2.2.5. La congestión vehicular

La congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta con el tiempo de circulación de los demás (Thomson y Bull 2002).

#### CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR

Entre las principales causas que ocasionan la congestión tenemos: las características del transporte urbano, la gran cantidad de automóviles, las condiciones de la infraestructura vial, la forma de conducir unidades vehiculares, y problemas en la gestión pública del transporte (Bayona y Márquez, 2015).

La falta de planificación vial es una causa de congestionamiento debido a que no se toman en cuenta los criterios que la componen como el desarrollo poblacional, diseño geométrico de vialidades, aforos y monitoreos de rutas de diferentes modos de transporte. Debido a la falta de planificación vial, diversas ciudades no han podido anticipar los cambios sociales, económicos, espaciales y ambientales que han surgido, esto ocasiona una crisis de movilidad urbana e insuficiencia de servicios. (Rodríguez, Osiris y Rodríguez, 2015). Es por eso que se deben realizar análisis urbanos más rigurosos, apegados al estricto seguimiento de los planes urbanos (Bazant, 2009).

Rodríguez, Osiris y Rodríguez (2015) señala que es muy importante tomar en cuenta que al problema de congestionamiento vehicular se le tiene que dar una solución para que esas intersecciones puedan operar de manera correcta, al tener un mejor plan de desarrollo y darle mantenimiento adecuado a las avenidas se puede obtener una mejoría en el sistema de transporte, esto ayudará al usuario tanto en el aspecto de conductor que transita la avenida, así como en su estado de ánimo al conducir el modo de transporte que utiliza y brindará un mejor servicio para poder realizar las actividades que requiere.

### 2.2.6. Tipos de flujo

#### 2.2.6.1. Flujo continuo

Las vías de flujo continuos no tienen elementos fijos que sean obstáculo al volumen de tránsito y que provoquen interrupciones, tales como semáforos, altos, etc. (Angaspilco, 2014).

#### 2.2.6.2. Flujo discontinuo

Las vías de flujo discontinuo tienen elementos fijos que provocan la interrupción del tráfico de manera periódica. Estos elementos son: semáforos, señales de alto, y otros tipos de control. Estos mecanismos producen paradas del tránsito, indiferente de la cantidad de vehículos que existe (Angaspilco, 2014).

### 2.2.7. Volumen de tráfico

El volumen de tráfico se define como el número de vehículos que pasan por un punto en una vía, ya sea por un sentido de vía, un cruce o intersección durante un intervalo de tiempo específico. (Reyna, 2015). Cuando se realiza la estimación del volumen vehicular que circula por un punto o sector en específico, se debe tener claridad con respecto al volumen esperado o demanda esperada de vehículos que desearán viajar por ese punto o sector en un tiempo determinado (Blair y Guevara, 2012).

### 2.2.8. Velocidad

En general, Cal y Reyes (2007), indica que el término de velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. En otras palabras la velocidad se expresa en kilómetros por hora (km/h).

La velocidad es una medida importante de la calidad de servicio proporcionado al motorista. Se utiliza como una medida de eficacia importante que define los niveles de servicio de muchos tipos de vía (Sotelo, 2010).

La velocidad se puede emplear de diferentes maneras de acuerdo a los estudios que se realicen, llevando a cabo diferentes tipos de velocidad tal es el caso de:

- Velocidad de Punto

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de vía, es llamada velocidad instantánea, esta medición se hace en campo con medidores (Reyna, 2015).

- Velocidad Media temporal

Se denomina a la media aritmética de las velocidades de un punto de varios vehículos en un intervalo de tiempo seleccionado (Reyna, 2015).

- Velocidad Media espacial

Es la media aritmética de las velocidades de un punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle (Méndez, 2009).

### 2.2.9. Dispositivo para el control de tránsito

La utilización de las vías urbanas por parte de vehículos y peatones, crea escenarios que deben ser compartidos por estos, asegurando la seguridad y el bienestar de ellos (Lopez, 2014). En base a esto, se busca controlar el tránsito para asignar a los conductores el derecho de paso, facilitar la vialidad y garantizar el movimiento ordenado y predecible de la vía. Este control se puede alcanzar mediante semáforos, letreros, marcas que regulen, guían, canalizan el tránsito a la vez (Reyna, 2015).

En esta oportunidad analizaremos y describiremos los semáforos.

- Semáforo

Es el principal dispositivo de regulación de tránsito, que se encarga de distribuir los diversos movimientos conflictivos durante intervalos de tiempo periódicos (Vera, 2012).

Los semáforos, también conocidos técnicamente como señales de control de tráfico, son dispositivos de señales que se sitúan en las intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, por ende, el tránsito vehicular (Machaca, 2016). Los semáforos pueden emplearse para eliminar muchos conflictos, porque se puede asignar el uso de la intersección a diferentes flujos vehiculares en momentos diferentes (Díaz, 2009).

#### 2.2.10. Conteo o aforos vehiculares

Los conteos de flujo buscan contestar varias preguntas: volúmenes, tipos de vehículos y movimientos (Sotelo, 2010).

El conteo o aforo vehicular es la forma de caracterizar el tránsito, su composición vehicular y el tipo de maniobra que realizan los vehículos. Este procedimiento se debe realizar en días típicos (laborales, no laborales, festivos, fines de semana, etc.) en los cuales se puedan obtener resultados representativos para la caracterización del tránsito local de una zona en días determinados (Blair y Guevara, 2012).

Los conteos se pueden realizar de manera manual o automática, estos volúmenes de tránsito siempre están referidos a una unidad de tiempo que pueden ser minutos, horas, días, años, etc, (Marin, 2014).

#### 2.2.11. Simulación de tráfico vehicular

Suarez (2007) señala que: los diferentes modelos para el tránsito vehicular están basados en teorías con enfoques microscópicos y macroscópicos. Todos estos modelos están basados en métodos y modelos matemáticos, los cuales representan el comportamiento del flujo.

##### 2.2.11.1. Macrosimulación

La macrosimulación es una representación continua y general de los aspectos típicos (velocidad, volumen, densidad, etc.) del comportamiento del flujo vehicular, por lo cual realiza un análisis de conducta en forma colectiva y dinámica (Blair y Guevara, 2012).

##### 2.2.11.2. Mesosimulación

La mesosimulación realiza el análisis de grupos de vehículos en una escala de mediana magnitud en cuanto a espacio y cantidad de vehículos. En ésta se

puede seguir la conducta del grupo de vehículos y también la determinación de tiempos de entrada y salida por paquete de individuos (Blair y Guevara, 2012).

#### 2.2.11.3. Microsimulación

La microsimulación permite evaluar el comportamiento del flujo vehicular en un área determinada de la red vial. A partir de esta se obtienen indicadores representativos del funcionamiento del tránsito que circula. Por lo anterior es de gran utilidad para analizar la conveniencia o no de realizar alguna intervención en un proyecto de una obra vial, una intersección o sobre algún punto de la red vial (Blair y Guevara, 2012).

Los modelos de simulación microscópica describen con detalle el comportamiento de los vehículos en una vía o red viaria (Llopís, 2012).

#### 2.2.12. Intersecciones viales

Las intersecciones son parte de un sistema existente de calles y vialidades, en aquellos puntos donde se unen los elementos, las cuales funcionan como un conjunto de interrelaciones muy complejas (Reyna, 2015).

Se denomina intersección a un área que es compartida por dos o más caminos (dos o más carreteras se encuentran o se cortan y en la que se incluyen las plataformas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles) y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta (Díaz, 2009).

#### 2.2.13. Capacidad y niveles de Servicio

##### 2.2.13.1. Capacidad

La capacidad es la tasa o flujo máximo que puede soportar una vía o calle. No depende sólo de las características geométricas. La capacidad de un camino admite un volumen máximo de trabajo para ser considerado eficiente y es importante conocer ya que es una medida de la capacidad de caminos (Díaz, 2009). La HCM 2000 lo define como: capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramos uniforme de un carril o calzada durante un periodo de finido de tiempo bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación.

##### 1. Condiciones viales o de la plataforma

Estas hacen referencia a las características geométricas de la calle o carretera, lo cual incluye: el tipo de infraestructura y las características urbanísticas de su entorno, el número de carriles (en cada sentido), las anchuras de carriles, etc.

## 2. Condiciones de la circulación

Hacen referencia a las características de la circulación que utiliza la instalación. Estas quedan definidas por la composición de vehículos y su distribución, la cantidad y distribución del tráfico entre los carriles disponibles, y la distribución por sentidos del mismo.

## 3. Condiciones de control

Hacen referencia a los tipos y diseño específico de los sistemas de control y de la normativa existente en una vía. La ubicación, el tipo y la programación de los semáforos son condiciones del control que afectan críticamente a la capacidad.

HCM 2000 destaca que la capacidad es una intensidad de personas o vehículos durante un periodo concreto de tiempo, que en frecuencia corresponde al periodo punta de 15 minutos.

### 2.2.13.2. Niveles de Servicio

Es la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Se describe en términos como velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobra, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial (Díaz, 2009).

Según el HCM 2000 indica que Niveles de servicio se define como una medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. La definición del nivel de servicio describe generalmente estas condiciones en relación con variables como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y conveniencia.

Para cada tipo de vía para el que se dispone de procedimientos de análisis se han definido seis niveles de servicio. Se utiliza la densidad como parámetro definitorio de los niveles de servicio.

Tabla 1: Valores de densidades máximas permitidas

Nivel de Servicio	Densidad (vl/km/c)
A	7
B	12
C	19
D	26
E	42
F	>42

Fuente: TRB, 2000

Estas cifras son los valores límite y representan las densidades máximas permitidas dentro del nivel de servicio correspondiente

Tabla 2: Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACION	DEMORA (s/veh)
A	Baja demora, coordinación extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen	<10
B	Ocurre con una buena coordinación y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse	>10-20
C	Ocurre con una coordinación regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar	>20-35
D	Empieza a notarse la influencia de congestión ocasionada por un ciclo largo y/o una coordinación desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen	>35 - 55
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una coordinación 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 conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una coordinación muy pobre y/o ciclos demasiados largos.	>80

Fuente: TRD, 2000

Para un flujo discontinuo la demora por control es la medida operacional crucial para definir el nivel de servicio.

A continuación se dan descripciones de las condiciones operativas existentes en cada uno de los niveles de servicio según el Manual de Capacidad vial HCM 2000 del TRB:

- Nivel de servicio A

Describe operaciones en régimen libre. En aquellos elementos con velocidad de proyecto de 112 km/h se produce en general una velocidad media de recorrido prevaleciente cerca a los 96 km/h. Los vehículos circulan sin prácticamente restricción alguna en su capacidad de maniobra dentro de la corriente circulatoria. Con una densidad de 7 vl/km/c esto permite un gran nivel de comodidad física y psicológica a los conductores.

- Nivel de servicio B

También representa condiciones razonablemente dentro del régimen libre, y en elementos de autopista con velocidad proyecto de 112 km/h se alcanzan velocidades sostenidas de 90 km/h, su densidad máxima es de 12 vl/km/c. La capacidad de maniobra dentro de la corriente circulatoria se ve solo ligeramente restringida..

- Nivel de servicio C

Proporciona operaciones en régimen estable, pero los flujos se aproximan al dominio en el cual pequeños incrementos en la intensidad ocasionan graves deterioros en el servicio. La velocidad media de recorrido todavía es superior a los 87 km/h. La libertad de maniobra está notablemente restringida en este nivel de servicio, y se requiere mayor ciudad y vigilancia por parte del conductor en los cambios de carril, la densidad máxima es de 19 vl/km/c. Son de esperar colas detrás de cualquier bloqueo significativo. El conductor experimenta un incremento notorio en la tensión.

- Nivel de servicio D

El nivel de servicio D bordea el flujo inestable. Pequeños incrementos de la intensidad provocarán sustanciales deterioros en el servicio. Todavía se puede mantener velocidades medias de recorrido de 74 km/h. La libertad de maniobra está seriamente limitada con una densidad máxima de 26 vl/km/c.

- Nivel de servicio E

La circulación de este nivel es extremadamente inestable, porque no existen virtualmente intervalos utilizables dentro del flujo vehicular. Refleja un grave deterioro del servicio, la capacidad de maniobra dentro de la circulación es extremadamente limitada. La velocidad media de recorrido es de 48 km/h.

- Nivel de servicio F

Describe un flujo formado o en colapso. Esta situación generalmente se produce dentro de las colas que se forman detrás de los puntos de rotura del flujo. Los colapsos se deben a varias razones:

a. Incidentes de tráfico originados por una reducción temporal en la capacidad de un segmento reducido, de forma que el número de vehículos que llegan a la sección es mayor que el del número de vehículos que pueden circular por ella.

b. Puntos de congestión recurrente, tales como áreas de confluencia o de trenzado o de pérdida de un carril, en los cuales el número de vehículos que llegan es mayor que el de vehículos que pasan a través de la zona.

c. A los efectos de predicción, cualquier punto donde la intensidad previsible en la hora punta exceda la capacidad estimada del mismo será un problema en potencia.

#### 2.2.14. Análisis operacional del HCM 2000

Consiste en estimar las medidas de eficiencia que son generadas en principio para elementos individuales y luego agregadas para el sistema como un todo. Mediante el análisis operacional se determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o accesos, el mismo que el nivel de servicio de la intersección como todo o globalmente, a partir de una información detallada de las condiciones prevalecientes

La figura esquematiza el procedimiento:

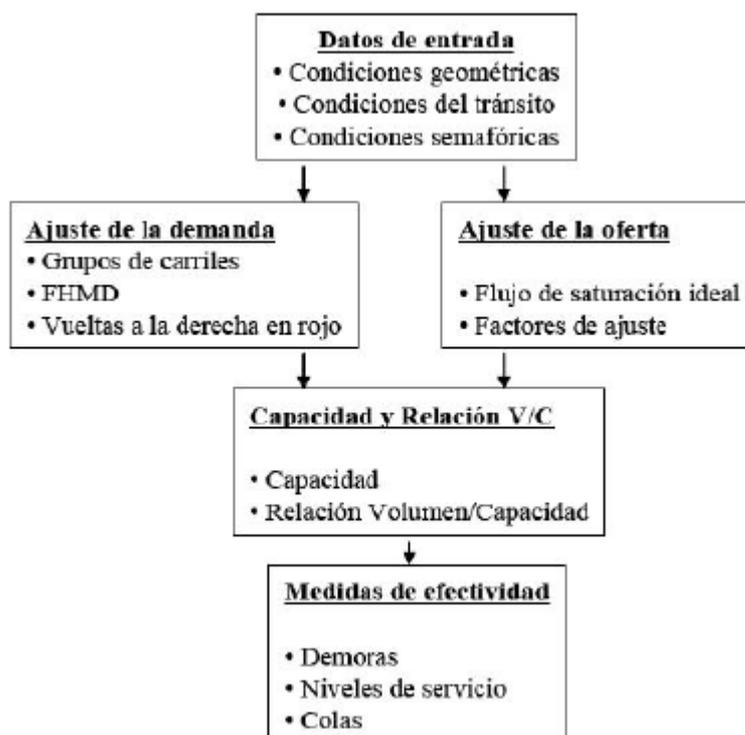


Figura 1: Metodología operacional para intersecciones semaforizadas.

Fuente: TRB, 2000

#### Condiciones geométricas

Son aquellas condiciones que incluyen toda la información de la configuración física de la intersección como número y ancho de carriles, movimientos por carril, etc.

#### Condiciones de circulación

Referido a los volúmenes de tránsito por cada movimiento en cada acceso de la intersección. Considerando tanto la distribución de los tipos de vehículos, como el

tránsito de bicicletas que interfieren con los giros ya sea a la izquierda o a la derecha.

#### Condiciones de semaforización

Son aquellas que incluyen información referida a los semáforos, como la longitud del ciclo, los tiempos de verde, los mismos que se resumen en un diagrama de fases.

### 2.3. Definición de términos

**Capacidad vial:** Se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle (Cal y Mayor, 2007).

**Niveles de Servicio:** Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros (Cal y Mayor, 2007).

**Densidad:** Se define la densidad como el número de vehículos que ocupan un tramo de longitud de un carril o carretera, promediado entre esta longitud, en unidades de vehículos por kilómetro (TRB, 2000).

**Tráfico vehicular:** Es el resultado del movimiento o flujo de vehículos en una determinada vía, calle o autopista. (Lopez, 2014).

**Hora punta:** Periodo de tiempo en el que se produce congestión vehicular en las avenidas principales debido a su gran demanda por el ingreso o retiro laboral de trabajadores (Machaca, 2016).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y nivel de la Investigación

En la presente investigación se hizo uso del método Analítico – Descriptivo, cuyo procedimiento fue el siguiente:

- Se hizo el reconocimiento de la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial y así mismo se procedió a realizar el conteo vehicular.

- Se identificó la situación actual de las intersecciones para poder hacer el análisis correspondiente. Se analizó la información obtenida por el conteo vehicular con el fin de poder simular el modelo de tráfico de la intersección Av. Gustavo Pinto y la Av. Industrial.

- Se analizó el comportamiento del flujo vehicular de la intersección estudiada, y en base al análisis de la situación y de la información obtenida a raíz del conteo se propuso alternativas de mejora para el nivel de servicio de las vías.

### 3.2. Población y/o muestra de estudio

La población de la presente investigación es la intersección analizada, siendo la intersección de la Av. Gustavo Pinto y la Av. Industrial.

### 3.3. Operacionalización de variables

*Tabla 3: Operacionalización de variables.*

<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
<b>Optimización del nivel de Servicio</b>	Condición de un vía que brinda a los usuarios un manejo seguro en un determinado momento.	Desempeño de la Vía.	A - F
<b>Flujo Vehicular</b>	Movimiento de vehículos en una calle o avenida con una dirección determinada.	Diseño de la vía	Veh/hora

Fuente: Propia.

### 3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se realizó el aforo vehicular de la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

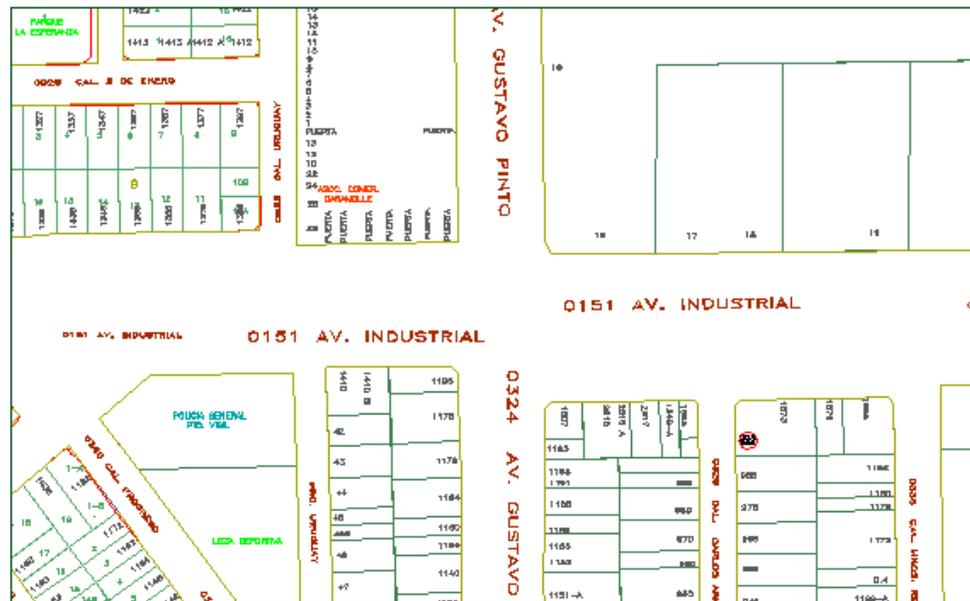


Figura 2: Ubicación de la Intersección Av. Gustavo Pinto c/ Av. Industrial

Fuente: Propia.

El aforo vehicular se realizó los días Martes 05, Jueves 07 y Sábado 09 del mes de diciembre del 2017 en tres turnos, cumpliendo de esta manera con el Manual de diseño geométrico de vías urbanas que en el capítulo 4: VOLUMENES DE TRANSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO (pag 4/9) indica que en ciudades se tiene variación típica de la siguiente manera:

Primer turno: 7:00 am – 9:00 am

Segundo turno: 12:00 pm – 2:00 pm

Tercer turno: 06:00 pm – 8:00 pm

Ya que en estos turnos presentan mayor volumen de vehículos, por lo tanto el conteo vehicular se realizó en esas horas.

El conteo vehicular se realizó manualmente usando hojas, lapiceros y tableros. Se requirió de 6 personas para el conteo vehicular. Se utilizó un formato de aforo vehicular en el cual se registró el número de vehículos por categoría en intervalos de 15 min. Para mayor detalle, en el anexo se presentan los aforos vehiculares completos. Estos datos fueron necesarios para determinar el volumen de tránsito vehicular y el porcentaje por clase vehículos que transitaron en los turnos evaluados.

Así mismo se midió con cronómetro el tiempo de semaforización de los semáforos de la intersección. Se identificó los carriles existentes de cada vía y se midió el ancho correspondiente con el uso de una wincha.

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Aforo Vehicular

Los datos obtenidos del conteo vehicular son procesados con la ayuda de hojas de cálculo Excel. Estos datos y las características geométricas que se determinaron en campo son ingresados al Software Synchro v8 para la construcción de un modelo que permite el análisis de esta intersección.

En la sección de Anexos, se podrá apreciar las hojas de cálculo Excel.

En la Figura 3 se puede apreciar el croquis de la intersección Av. Gustavo Pinto c/ Av. Industrial, donde se identifica las fases actuales y los movimientos que se puede realizar en cada vía.

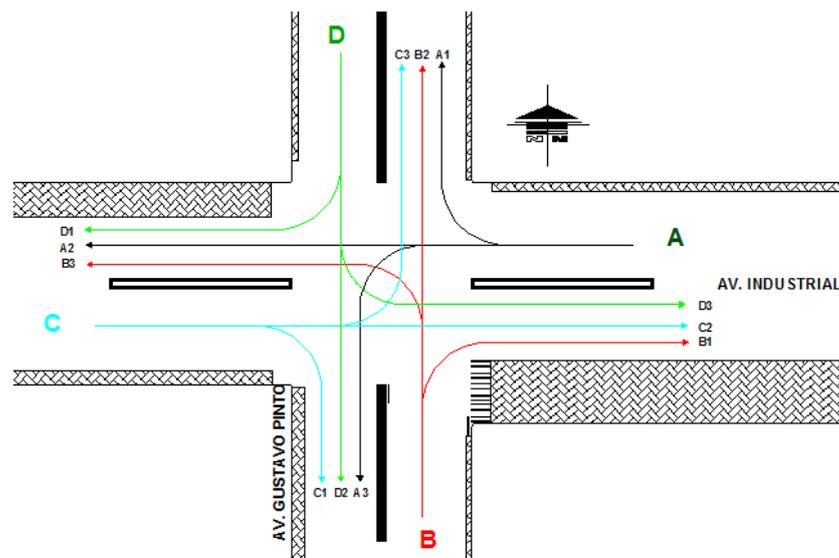


Figura 3: Croquis de la Intersección Av. Gustavo Pinto c/ Av. Industrial.

Fuente: Propia.

Hemos codificado cada movimiento: “1” como los vehículos que se dirigen a la derecha, “2” los vehículos que van en dirección recta y 3 los vehículos que van hacia la izquierda. También hemos denominado cada vía de la siguiente manera:

La Av. Industrial que va hacia el Este como “Av. Industrial entrada”, la Av. Industrial que va hacia el Oeste como “Av. Industrial salida”. Con respecto a la Av. Gustavo Pinto, en dirección al Norte lo denominamos Av. Gustavo Pinto entrada, y la que va hacia el Sur como Av. Gustavo Pinto salida.

Teniendo las hojas de cálculo Excel se procede a realizar un resumen de la variación de volúmenes por periodo de 15 minutos por cada día.

Tabla 4: Aforo vehicular martes 05 de diciembre 2017.

HORA	AV. GUSTAVO PINTO "E"	AV. GUSTAVO PINTO "S"	AV. INDUSTRIAL "E"	AV. INDUSTRIAL "S"	TOTAL /15 MIN	HORA	TOTAL/ HORA
7:00-7:15	87.00	149.00	141.00	112.00	489.00	7:00-8:00	2513.00
7:15-7:30	220.00	118.00	132.00	147.00	617.00		
7:30-7:45	138.00	153.00	208.00	161.00	660.00		
7:45-8:00	195.00	178.00	187.00	187.00	747.00		
8:00-8:15	240.00	161.00	257.00	165.00	823.00	8:00-9:00	3437.00
8:15-8:30	255.00	146.00	199.00	151.00	751.00		
8:30-8:45	293.00	233.00	154.00	159.00	839.00		
8:45-9:00	398.00	234.00	265.00	127.00	1024.00		
12:00-12:15	167.00	197.00	192.00	130.00	686.00	12:00-13:00	2775.00
12:15-12:30	169.00	182.00	155.00	172.00	678.00		
12:30-12:45	116.00	175.00	201.00	189.00	681.00		
12:45-13:00	148.00	187.00	222.00	173.00	730.00		
13:00-13:15	162.00	168.00	202.00	153.00	685.00	13:00-14:00	2712.00
13:15-13:30	160.00	207.00	227.00	187.00	781.00		
13:30-13:45	146.00	178.00	181.00	166.00	671.00		
13:45-14:00	125.00	180.00	142.00	128.00	575.00		
18:00-18:15	154.00	238.00	208.00	116.00	716.00	18:00-19:00	2918.00
18:15-18:30	188.00	211.00	181.00	149.00	729.00		
18:30-18:45	162.00	208.00	214.00	162.00	746.00		
18:45-19:00	148.00	207.00	203.00	169.00	727.00		
19:00-19:15	114.00	222.00	207.00	167.00	710.00	19:00-20:00	2614.00
19:15-19:30	142.00	229.00	150.00	143.00	664.00		
19:30-19:45	154.00	188.00	157.00	137.00	636.00		
19:45-20:00	177.00	216.00	80.00	131.00	604.00		
<b>TOTAL</b>	<b>4258.00</b>	<b>4565.00</b>	<b>4465.00</b>	<b>3681.00</b>	<b>16969.00</b>		

Fuente: Propia.

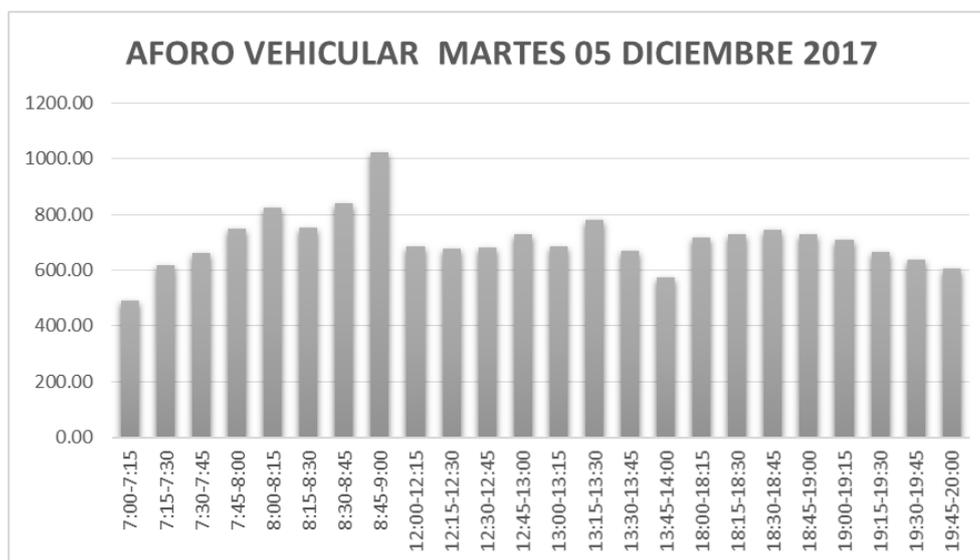


Figura 4: Variación de volúmenes día 05/12/17

Fuente: Propia.

Tabla 5: Aforo vehicular Jueves 05 de diciembre 2017.

HORA	AV. GUSTAVO PINTO "E"	AV. GUSTAVO PINTO "S"	AV. INDUSTRIAL "E"	AV. INDUSTRIAL "S"	TOTAL /15 MIN	HORA	TOTAL/ HORA
7:00-7:15	97.00	90.00	84.00	118.00	389.00	7:00-8:00	2280.00
7:15-7:30	136.00	156.00	171.00	129.00	592.00		
7:30-7:45	80.00	180.00	183.00	147.00	590.00		
7:45-8:00	136.00	186.00	223.00	164.00	709.00		
8:00-8:15	152.00	181.00	239.00	172.00	744.00	8:00-9:00	2901.00
8:15-8:30	174.00	179.00	230.00	159.00	742.00		
8:30-8:45	157.00	167.00	204.00	161.00	689.00		
8:45-9:00	145.00	185.00	230.00	166.00	726.00		
12:00-12:15	107.00	196.00	189.00	174.00	666.00	12:00-13:00	2716.00
12:15-12:30	154.00	155.00	206.00	151.00	666.00		
12:30-12:45	123.00	177.00	189.00	164.00	653.00		
12:45-13:00	151.00	166.00	226.00	188.00	731.00		
13:00-13:15	140.00	199.00	196.00	163.00	698.00	13:00-14:00	2664.00
13:15-13:30	157.00	183.00	202.00	162.00	704.00		
13:30-13:45	133.00	155.00	191.00	121.00	600.00		
13:45-14:00	137.00	173.00	197.00	155.00	662.00		
18:00-18:15	110.00	167.00	109.00	115.00	501.00	18:00-19:00	2644.00
18:15-18:30	174.00	232.00	170.00	156.00	732.00		
18:30-18:45	162.00	178.00	165.00	183.00	688.00		
18:45-19:00	167.00	230.00	152.00	174.00	723.00		
19:00-19:15	157.00	229.00	177.00	185.00	748.00	19:00-20:00	2640.00
19:15-19:30	178.00	161.00	169.00	133.00	641.00		
19:30-19:45	165.00	181.00	142.00	149.00	637.00		
19:45-20:00	143.00	182.00	159.00	130.00	614.00		
<b>TOTAL</b>	<b>3435.00</b>	<b>4288.00</b>	<b>4403.00</b>	<b>3719.00</b>	<b>15845.00</b>		<b>0</b>

Fuente: Propia.

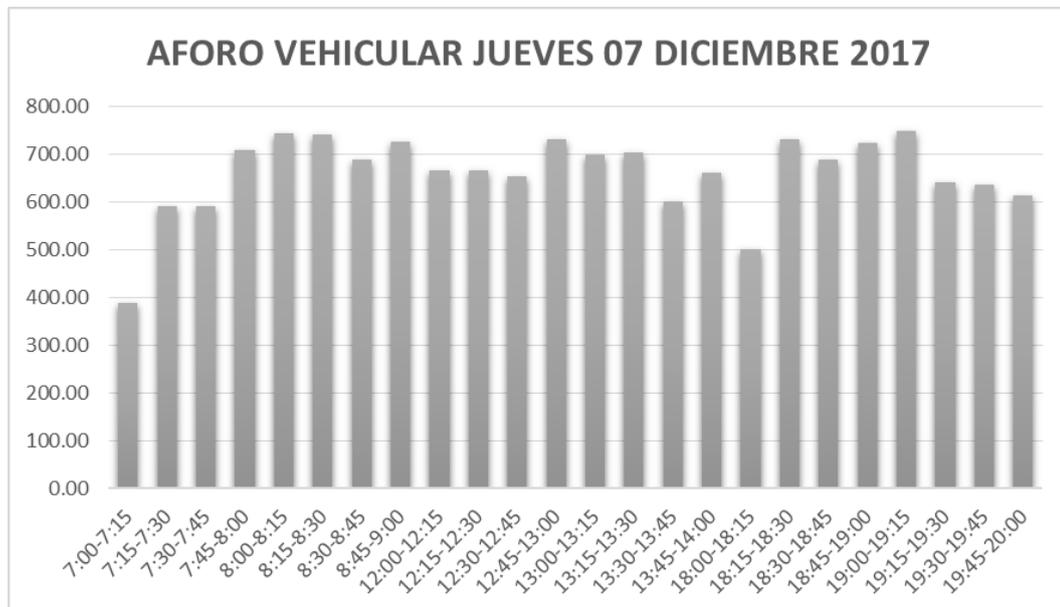


Figura 5: Variación de volúmenes 07/12/17.

Fuente: Propia.

Tabla 6: Aforo vehicular sábado 09 de diciembre 2017.

HORA	AV. GUSTAVO PINTO "E"	AV. GUSTAVO PINTO "S"	AV. INDUSTRIAL "E"	AV. INDUSTRIAL "S"	TOTAL /15 MIN	HORA	TOTAL/ HORA
7:00-7:15	51.00	64.00	113.00	81.00	309.00	7:00-8:00	1721.0 0
7:15-7:30	88.00	74.00	138.00	78.00	378.00		
7:30-7:45	100.00	118.00	132.00	133.00	483.00		
7:45-8:00	113.00	130.00	152.00	156.00	551.00	8:00-9:00	2413.0 0
8:00-8:15	129.00	131.00	155.00	115.00	530.00		
8:15-8:30	120.00	136.00	169.00	181.00	606.00		
8:30-8:45	125.00	145.00	163.00	159.00	592.00		
8:45-9:00	149.00	177.00	189.00	170.00	685.00		
12:00-12:15	172.00	184.00	228.00	138.00	722.00		
12:15-12:30	150.00	176.00	221.00	144.00	691.00	13:00	
12:30-12:45	159.00	164.00	198.00	151.00	672.00	13:00-	2608.0 0
12:45-13:00	143.00	191.00	192.00	153.00	679.00		
13:00-13:15	145.00	179.00	205.00	123.00	652.00		
13:15-13:30	130.00	206.00	180.00	139.00	655.00		
13:30-13:45	139.00	201.00	180.00	160.00	680.00		
13:45-14:00	123.00	186.00	170.00	142.00	621.00		
18:00-18:15	146.00	225.00	220.00	158.00	749.00	18:00-	2924.0 0
18:15-18:30	160.00	210.00	197.00	147.00	714.00	19:00	
18:30-18:45	160.00	214.00	205.00	164.00	743.00	19:00-	2667.0 0
18:45-19:00	150.00	208.00	208.00	152.00	718.00		
19:00-19:15	153.00	221.00	195.00	131.00	700.00		
19:15-19:30	151.00	228.00	188.00	141.00	708.00		
19:30-19:45	165.00	199.00	163.00	125.00	652.00		
19:45-20:00	164.00	205.00	138.00	100.00	607.00		
<b>TOTAL</b>	<b>3285.00</b>	<b>4172.00</b>	<b>4299.00</b>	<b>3341.00</b>	<b>15097.00</b>		

Fuente: Propia.

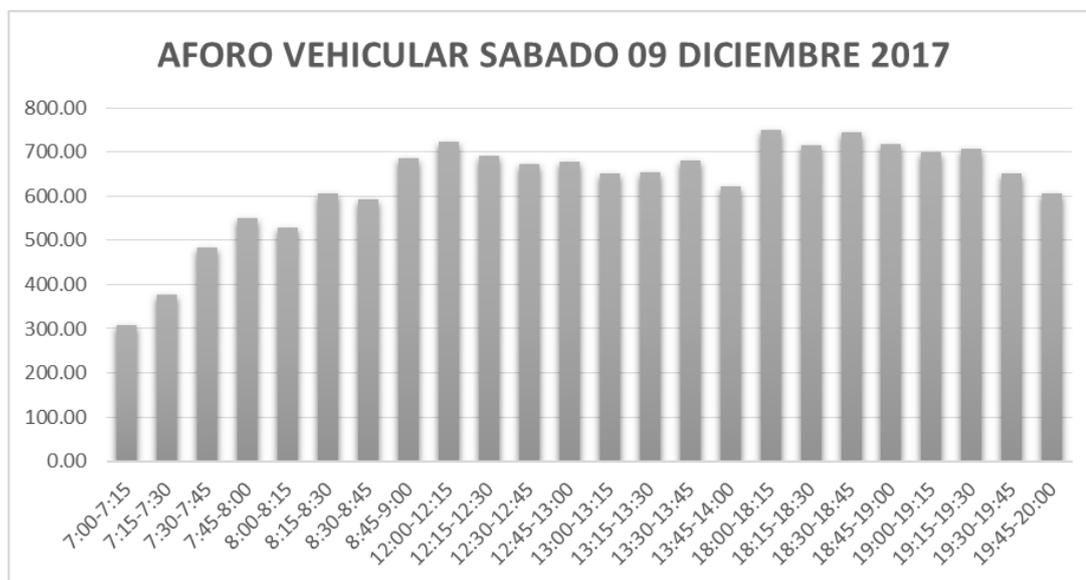


Figura 6: Variación de volúmenes 09/12/17.

Fuente: Propia.

Revisando las tablas con datos obtenidos a raíz del conteo vehicular se puede analizar cada una de ellas obteniendo la situación real de la intersección analizada la cual es la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial:

Tabla 7: Resumen de Conteo Vehicular por horas.

HORA	MAR 05 DIC	JUE 07 DIC	SAB 09 DIC
7:00 - 8:00	2513	2280	1721
8:00 - 9:00	3437	2901	2413
12:00 - 13:00	2775	2716	2764
13:00 - 14:00	2712	2664	2608
18:00 - 19:00	2918	2644	2924
19:00 - 20:00	2614	2640	2667
<b>Total</b>	16969	15845	15097

Fuente: Propia.

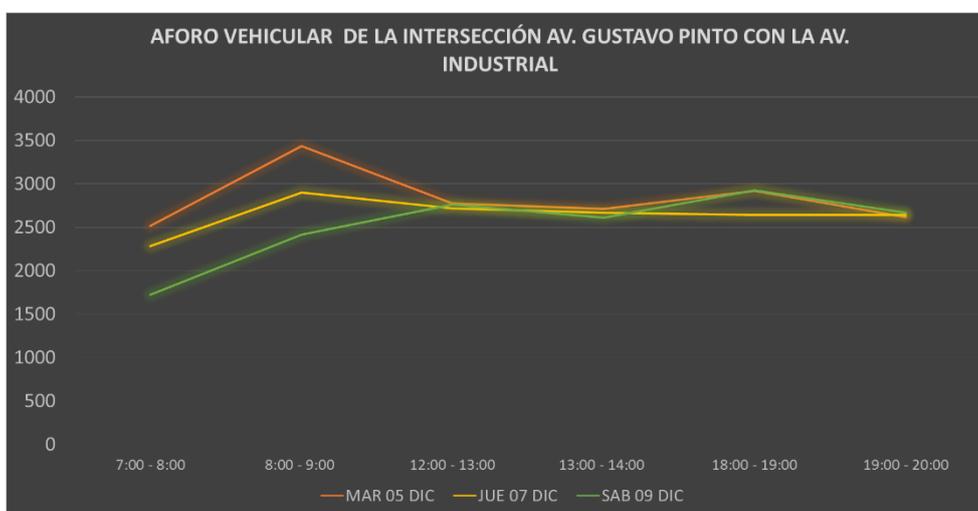


Figura 7: Comparación del aforo vehicular.

Fuente: Propia.

En la Tabla 7 se puede apreciar el resumen del conteo Vehicular realizada en tres días durante tres turnos. A simple vista predomina el día Martes 05 de Diciembre con 16,969 veh/hora, siendo la hora pico las 8:00 – 9:00 am con un aforo vehicular de 3,437 veh/hora. Por ende, para poder analizar la intersección en general y así identificar su nivel de servicio, debemos fijarnos en los 15 minutos que contengan mayor cantidad de Aforo vehicular de la hora más crítica.

HORA	VÍA	BICICLETA	MOTOCICLETA	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	TOTAL	
							SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	≥3 E	2 E	3 E	4 E			
8:45 - 9:00	AV. INDUSTRIAL ENTRADA		9.00		106.00	97.00	14.00	13.00	1.00	18.00								1.00	265.00
	%	0.00	3.00	0.00	40.00	37.00	5.00	5.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
	AV. INDUSTRIAL SALIDA	1.00	5.00	1.00	46.00	71.00	5.00	11.00		7.00	1.00	3.00		13.00			1.00		165.00
	%	1.00	3.00	1.00	28.00	43.00	3.00	7.00	0.00	4.00	1.00	2.00	0.00	8.00	0.00	1.00	0.00	0.00	100.00
	AV. GUSTAVO PINTO ENTRADA		8.00		120.00	135.00	8.00	4.00	5.00	55.00	63.00								398.00
	%	0.00	2.00	0.00	30.00	34.00	2.00	1.00	1.00	14.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
	AV. GUSTAVO PINTO SALIDA		2.00	3.00	78.00	72.00	5.00	3.00		15.00	51.00			5.00					234.00
	%	0.00	1.00	1.00	33.00	31.00	2.00	1.00	0.00	6.00	22.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
	TOTAL VOLUMEN QUE PASA POR LA INTERSECCIÓN	1.00	24.00	4.00	350.00	375.00	32.00	31.00	6.00	95.00	115.00	3.00	1.00	23.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1062.00
	(%)	0.00	2.00	0.00	33.00	35.00	3.00	3.00	1.00	9.00	11.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Figura 8: Resumen de Aforo por periodo de 15 minutos.

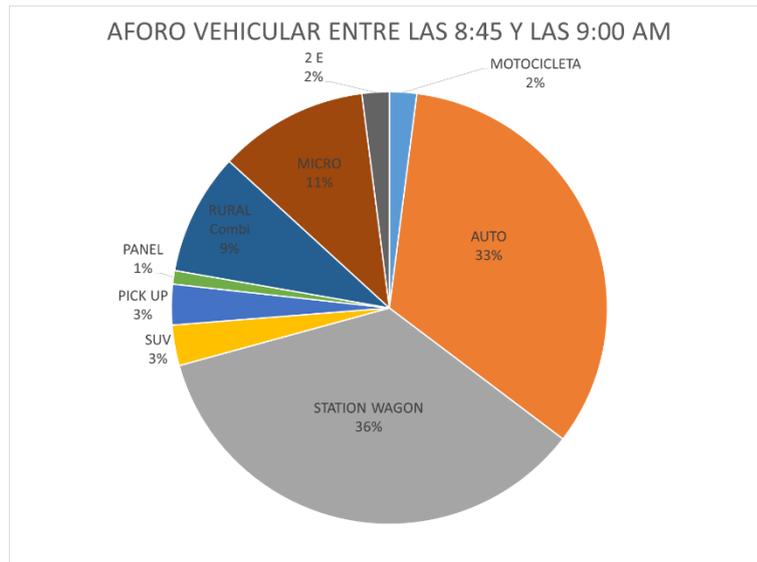


Figura 9: Participación según tipo de Vehículo en los 15 minutos con mayor aforo vehicular.

Fuente: Propia.

Analizando cada acceso tenemos que:

- Av. Gustavo Pinto entrada

Tabla 8: Aforo vehicular de la Av. Gustavo Pinto entrada durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico.

HORAS DE CONTROL	BICICLETA			MOTOCICLETA			MOTO TAXI			AUTO			STATION WAGON			CAMIONETAS									MICRO			TOTAL	
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	SUV			PICK UP			PANEL			RURAL COMBI				B1
8:45 - 9:00				1	3	4				3	109	8	10	107	18	1	4	3	1	3	2	3	6	35	14	1	60	2	398

Fuente: Propia.

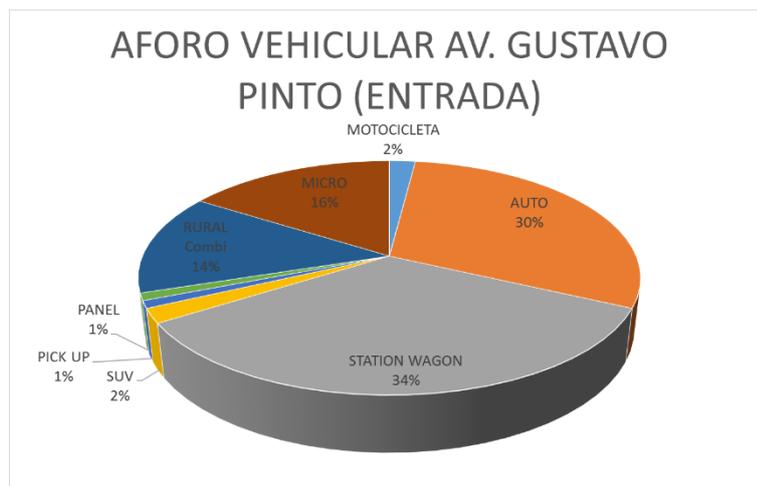


Figura 10: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).

Fuente: Propia.

Tabla 9: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Gustavo Pinto entrada.

Movimiento	Veh
B1	24
B2	322
B3	52

Fuente: Propia

En la Tabla 7, se puede apreciar la distribución de los vehículos por movimientos en la Av. Gustavo Pinto entrada, teniendo como resultado del conteo vehicular que: 24 veh se dirigen a la derecha, 322 veh van de frente y 52 veh se dirigen a la izquierda.

En porcentajes tenemos:



Figura 11: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Gustavo Pinto E.

Fuente: Propia.

Claramente se puede observar que gran porcentaje de vehículos que transitan por la Av. Gustavo Pinto en dirección al norte, optan por ir de frente.

- Av. Gustavo Pinto Salida

Tabla 10: Aforo vehicular de la Av. Gustavo Pinto salida durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico.

HORAS DE CONTROL	BICICLETA			MOTOCICLETA			MOTO TAXI			AUTO			STATION WAGON			CAMIONETAS									TOTAL				
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	SUV			PICK UP			RURAL COMBI				MICRO			CAMION 2E
8:45- 9:00				1	1		3			9	64	5	10	54	8	2	1	2	2	1	1	13	1	1	49	1	2	3	234

Fuente: Propia.

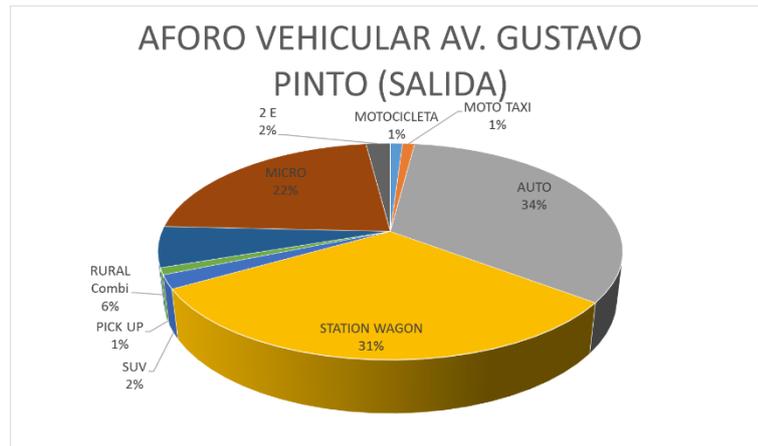


Figura 12: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).

Fuente: Propia.

Tabla 11: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Gustavo Pinto salida.

Movimiento	Veh
D1	31
D2	182
D3	21

Fuente: Propia.

En la Tabla 9, a raíz del conteo vehicular realizado se puede apreciar la distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Gustavo Pinto salida, es decir en dirección Sur. Teniendo así: 31 veh doblan a la derecha, 182 veh van de frente y 21 veh se dirigen hacia la izquierda.

En porcentajes se aprecia lo siguiente:

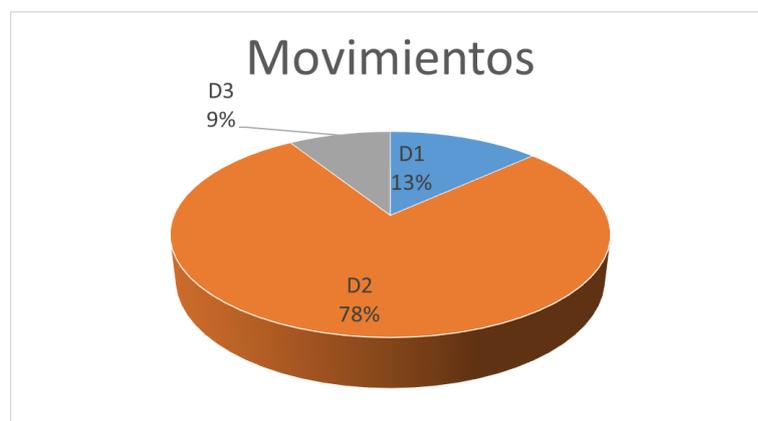


Figura 13: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Gustavo Pinto S.

Fuente: Propia.

En la Figura 24, se aprecia claramente que la mayoría de vehículos que transitan por la Av. Gustavo Pinto salida, deciden ir de frente, pocos son los vehículos que optan por doblar hacia la izquierda.

- Av. Industrial entrada

Tabla 12: Aforo vehicular de la Av. Industrial entrada durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico.

HORAS DE CONTROL	MOTOCICLETA			MOTO TAXI			AUTO			STATION WAGON			CAMIONETAS						MICRO			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TOTAL						
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	SUV		PICK UP		RURAL COMBI		C1	C2	C3	2E		>=3E		2E		3E		2S1/2S2							
8:45-9:00	3	4	2				14	87	5	10	72	15	14	2	11	1			10		8																265

Fuente: Propia.

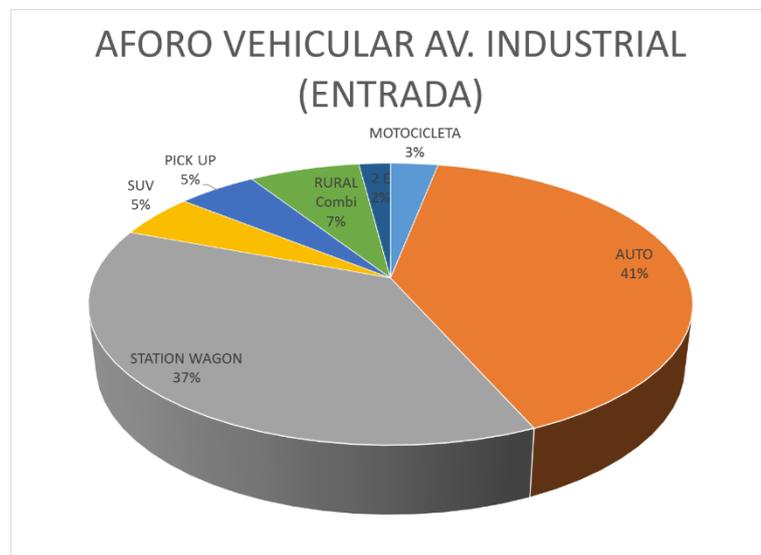


Figura 14: Participación según tipo de vehículo (8:45am-9:00am).

Fuente: Propia.

Tabla 13: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Industrial entrada.

Movimiento	Veh
C1	40
C2	195
C3	30

Fuente: Propia.



Figura 15: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Industrial entrada.

Fuente: Propia.

- Av. Industrial salida

Tabla 14: Aforo vehicular de la Av. Industrial salida durante los 15 minutos más críticos de la Hora Pico.

HORAS DE CONTROL	BICICLETA			MOTOCICLETA			MOTO TAXI			AUTO			STATION WAGON			CAMIONETAS						MICRO			BUS			CAMION			TOTAL			
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	2E	2E	4E	A1	A2	A3				
8:00 - 8:15	1				5			1		10	31	5	10	55	6	1	4		11			1	6		1			3						165

Fuente: Propia.

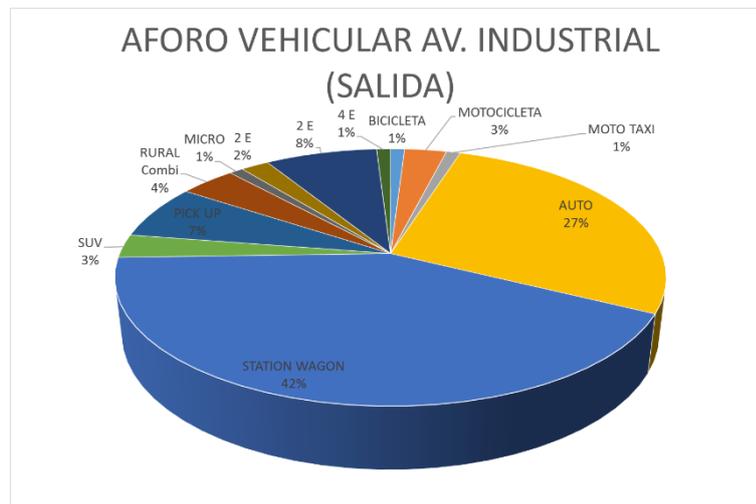


Figura 16: Participación según tipo de vehículo (8:00am-8:15am).

Fuente: Propia.

Tabla 15: Distribución de vehículos por movimientos que efectúan en la Av. Industrial salida.

Movimiento	Veh
A1	23
A2	131
A3	11

Fuente: Propia.

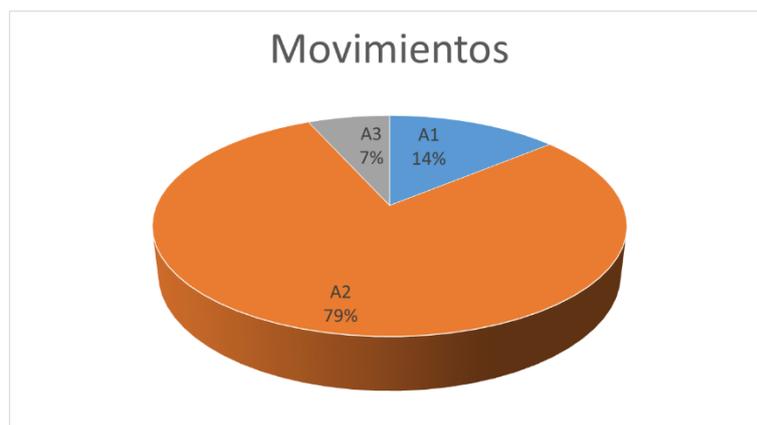


Figura 17: Porcentajes de movimientos efectuados en la Av. Industrial salida.

### 3.5.2. Tiempo de semaforización

Gracias al uso de un cronómetro se logró registrar el tiempo de semaforización siendo el siguiente:



Figura 18: Tiempo de semaforización.

Fuente: Propia.

Tiempo total de rojo: 60 seg. (dentro de estos 60 s, 19 seg son destinados para el giro a la derecha).

Tiempo total de verde: 20 seg

Tiempo total de ambar: 3 seg

Teniendo un total de 82 seg, 82 seg es la duración de cada ciclo semafórico.

### 3.5.3. Carriles existentes

- Av. Gustavo Pinto entrada

Se identificó 3 carriles con un ancho de 3.10 m cada uno.

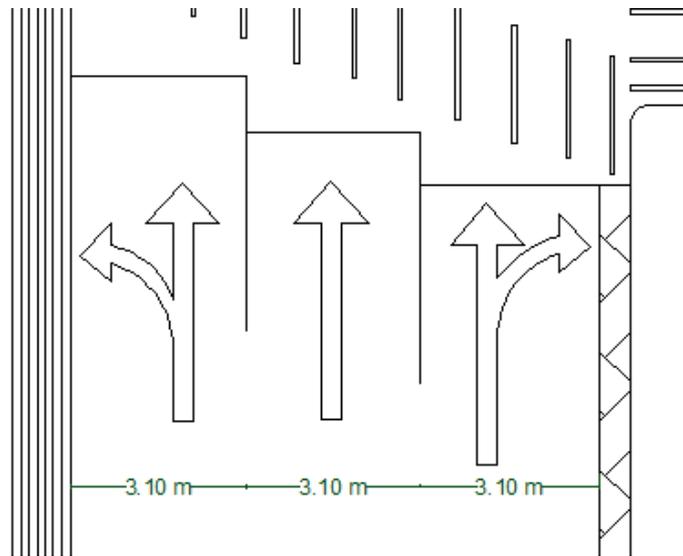


Figura 19: Ancho de carriles de la Av. Gustavo Pinto entrada.

Fuente: Propia.

- Av. Gustavo Pinto salida

Se identificó 3 carriles con un ancho de 3.30 m cada uno.

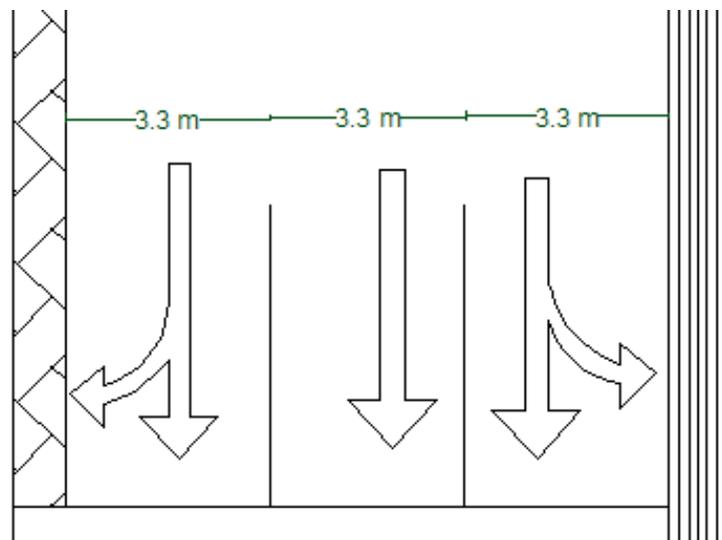


Figura 20: Ancho de carriles de la Av. Gustavo Pinto salida.

Fuente: Propia.

- Av. Industrial entrada  
Se identificó 3 carriles, cada carril de 3.50 m.

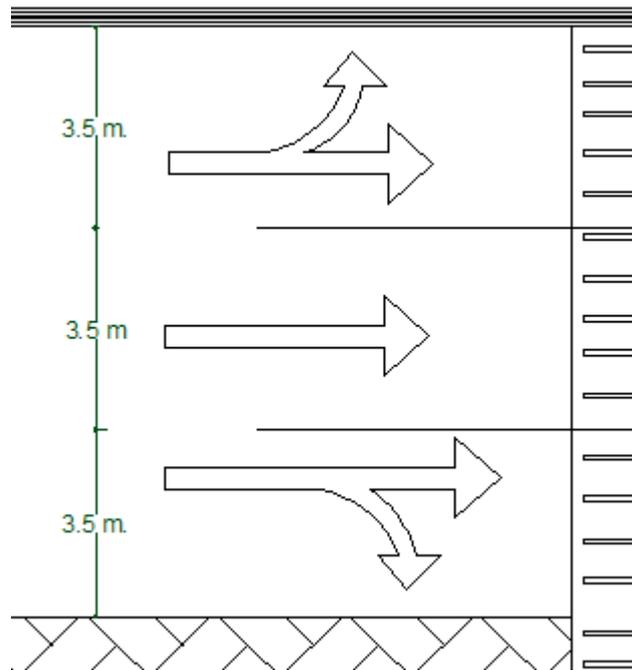


Figura 21: Ancho de carriles de la Av. Industrial entrada.

Fuente: Propia.

- Av. Industrial salida  
Se identificó 3 carriles, 2 carriles de 3.70 m. y 1 carril de 3.10 m.

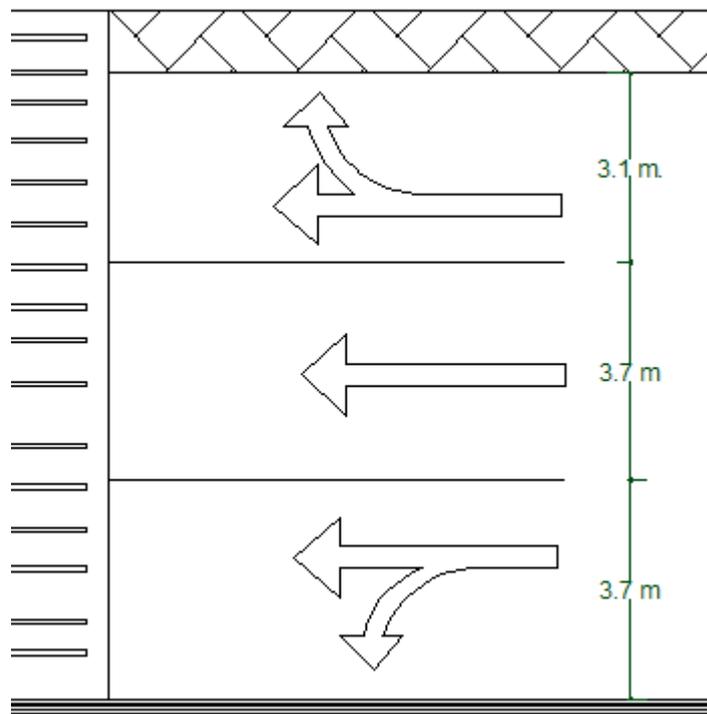


Figura 22: Ancho de carriles de la Av. Industrial salida.

Fuente: Propia.

### 3.5.4. Uso del Software Synchro v8

El análisis de los flujos vehiculares se realizará dentro del software Synchro V8, este programa es una herramienta informática completa para realizar el análisis de intersecciones vehiculares, tomando en cuenta la metodología del Manual de Capacidad de carreteras HCM 2000.

El manual HCM 2000 es una publicación de Transportation Research Board (TBR). Ofrece procedimientos de cálculo para la capacidad y nivel de servicio en las vías.

Synchro V8 es un software desarrollado por Trafficware, permite el análisis y optimización de sistemas de tráfico a un nivel macroscópico.

Con los datos obtenidos del conteo vehicular se procede a utilizar este software.

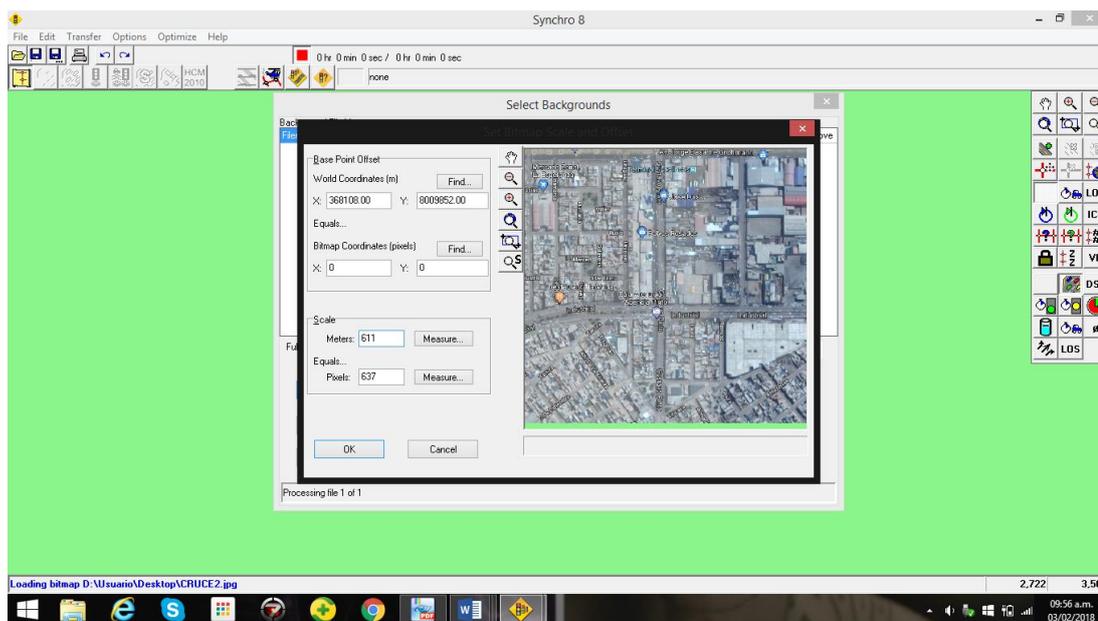


Figura 23: Ingreso de imagen de la intersección.

Fuente: Propia.

Para empezar la simulación necesitamos las coordenadas de la esquina inferior izquierda de la imagen y la distancia horizontal de la misma.

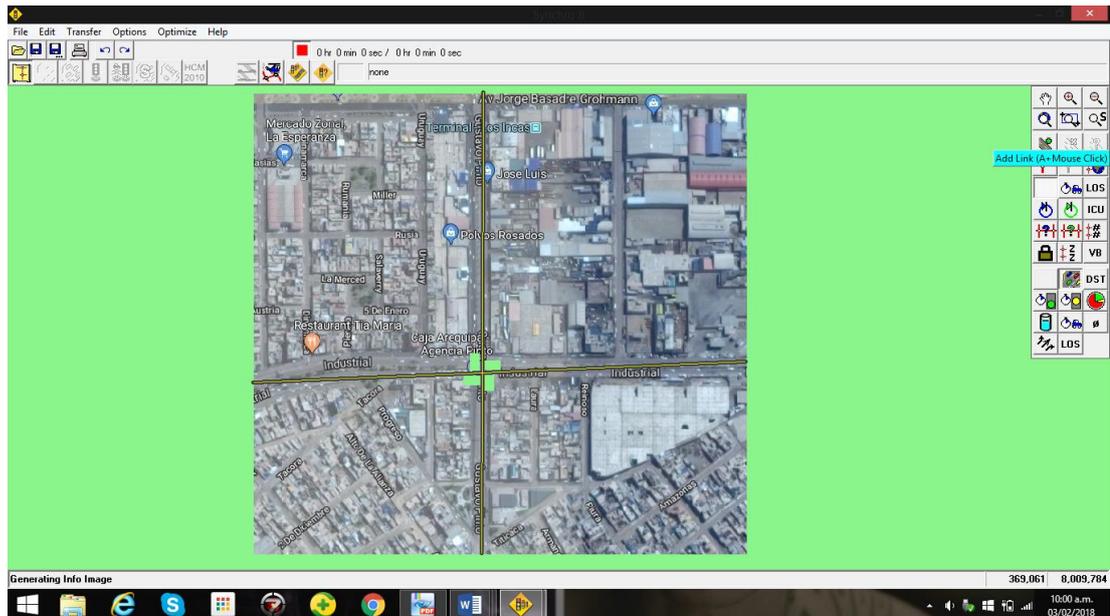


Figura 24: Dibujo de las vías.

Fuente: Propia.

Seleccionando la opción Add Link, se dibuja las vías de la intersección.

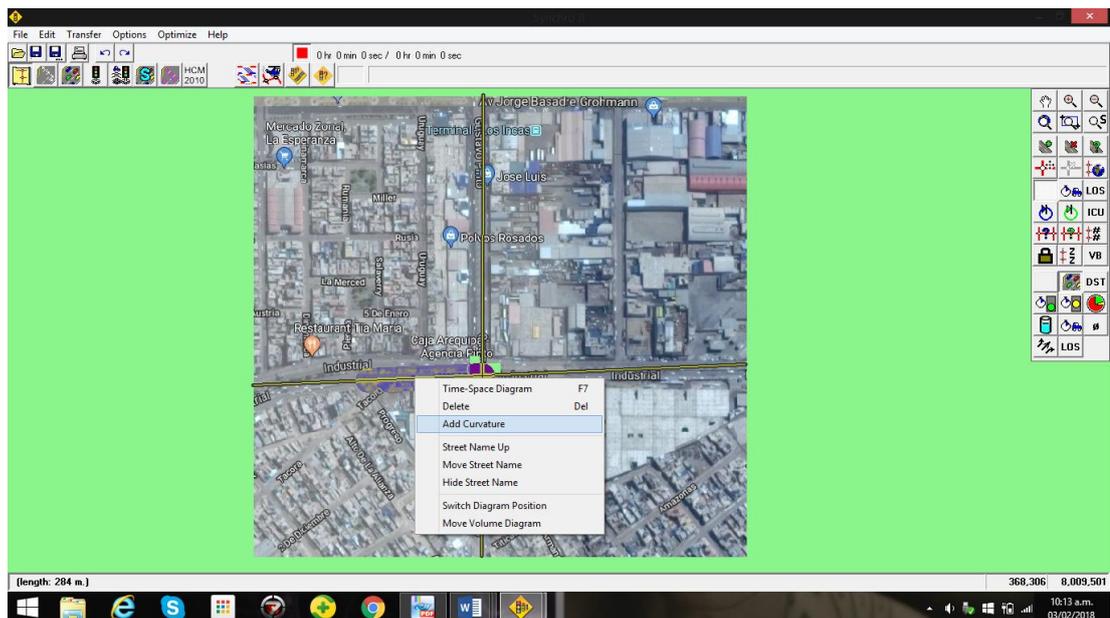


Figura 25: Generando curvatura.

Fuente: Propia.

Para generar que la vía tenga curvatura, hacemos clic derecho – Add Curvature.

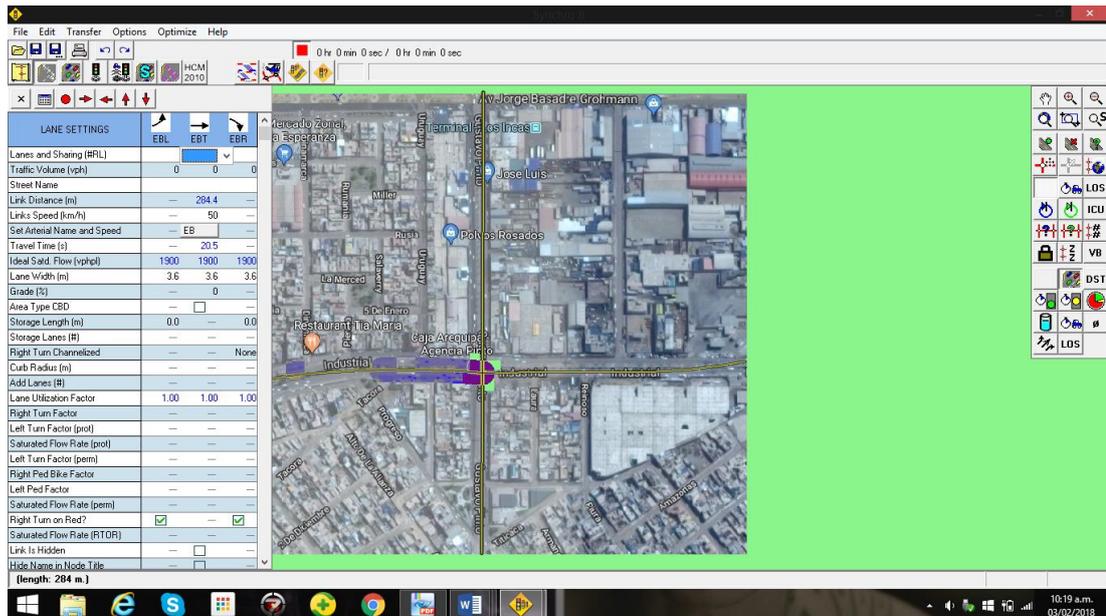


Figura 26: Intersección de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

Fuente: Propia.

Mediante la opción de Lane Settings se agrega los giros correspondientes, estos son considerados teniendo en cuenta la realidad que presenta la intersección analizada.

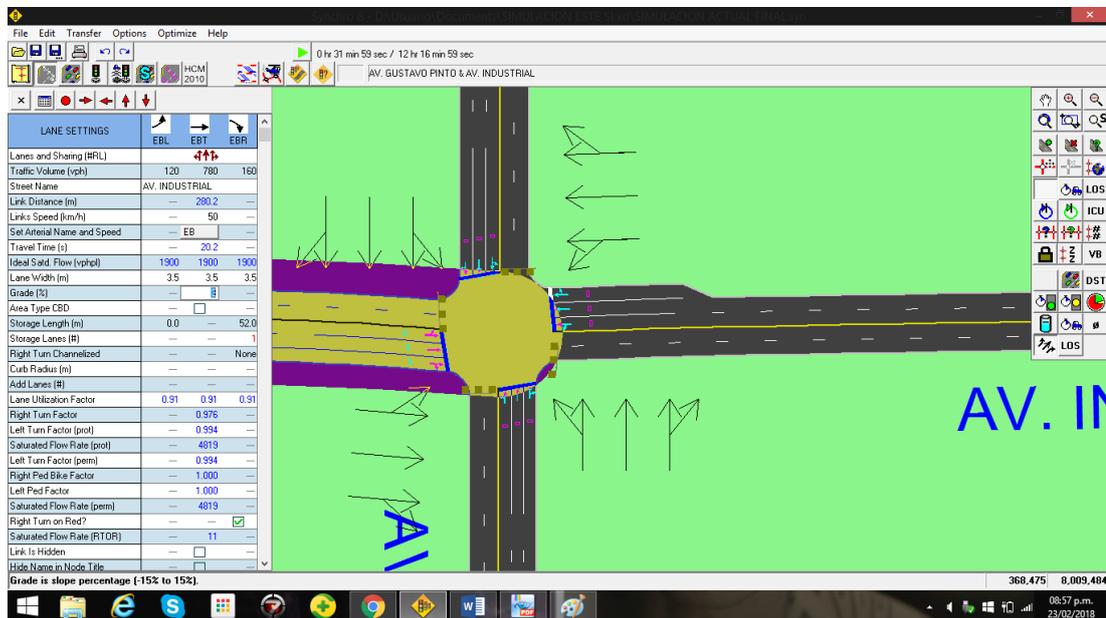


Figura 27: Ingreso de los giros correspondientes a cada acceso.

Fuente: Propia.

Se ingresan los valores de vehículos de los 15 minutos que contengan mayor cantidad de aforo vehicular de la hora más crítica. Estos valores serán múltiplos de 4 para simular la hora más crítica.

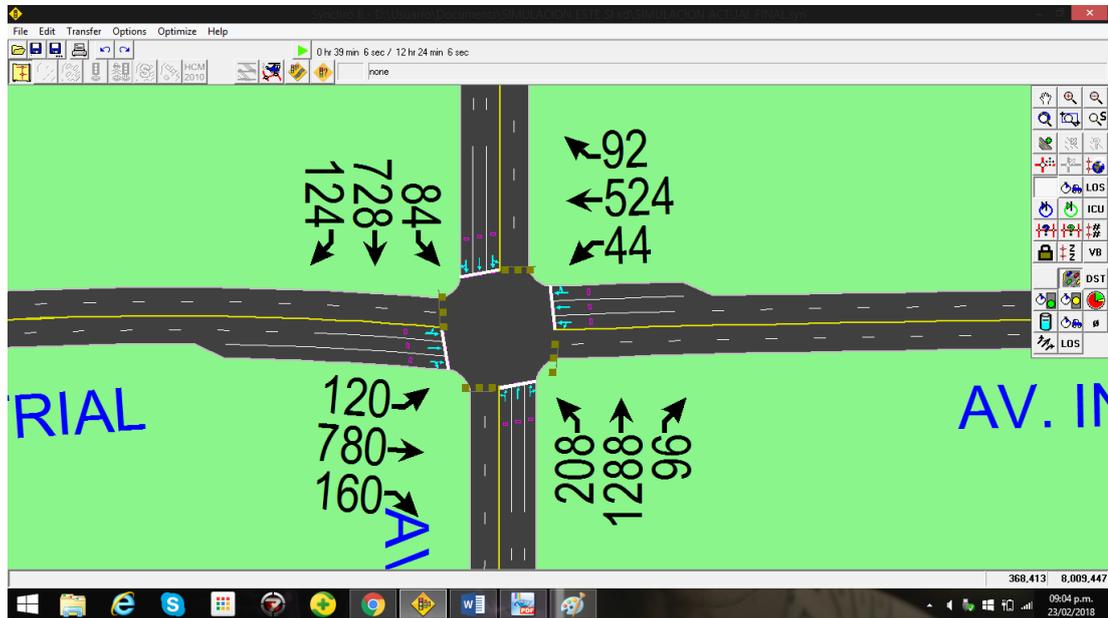


Figura 28: Se observa cada acceso con sus respectivos flujos vehiculares.

Fuente: Propia.

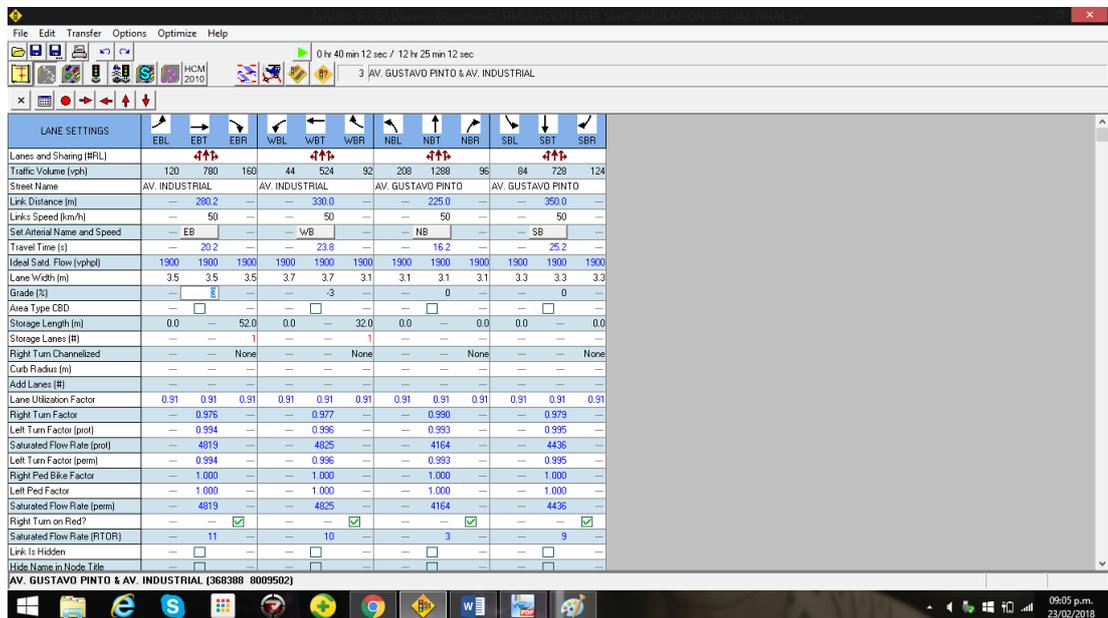


Figura 29: Ingreso de datos en Lane Settings.

Fuente: Propia.

Ingresamos al cuadro de Lane Settings y modificamos los factores que están en la siguiente tabla.

Tabla 16: Factores ingresados en la opción de Lane Settings.

Links Speed (km/h)	Velocidad de enlaces (km h)	50
Lane Width (m)	Ancho del carril (m)	Por cada acceso
Grade (%)	Grado (%)	Por cada acceso
Storage Length (m)	Longitud de almacenamiento (m)	Por cada acceso
Storage Lanes (#)	Carriles de almacenamiento (#)	1
Right Turn Channelized	Derecho a canalizar	Signal
Curb Radius (m)	Radio de curvatura (m)	10
Add Lanes (#)	Agregar carriles (#)	1

Fuente: Propia

Tabla 17: Anchos de carriles por cada acceso.

Acceso Carril (m)	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.	Av Industrial E.	Av Industrial S.
Derecha	3.1	3.3	3.5	3.1
Medio	3.1	3.3	3.5	3.7
Izquierda	3.1	3.3	3.5	3.7

Fuente: Propia.

Tabla 18: Pendientes de cada acceso.

Acceso	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.	Av Industrial E.	Av Industrial S.
Grado (%)	0	0	3	-3

Fuente: Propia.

Tabla 19: Distancias del carril derecho en la Av. Industrial.

Acceso	Av Industrial E.	Av Industrial S.
--------	---------------------	---------------------

Distancia (m)	52	32
---------------	----	----

Fuente: Propia.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕↕			↕↕↕			↕↕↕			↕↕↕		
Traffic Volume (vph)	120	780	160	44	524	92	208	1288	96	84	728	124
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.84	0.93	0.85	0.69	0.92	0.82	0.87	0.94	0.83	0.81	0.92	0.84
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 (%)	1	2	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1
Bus Blockages (#/hr)	8	0	10	0	7	1	16	95	7	2	62	2
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	143	839	188	64	570	112	239	1370	116	104	791	148
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1170	0	0	746	0	0	1725	0	0	1043	0

Figura 30: Cuadro de Volumen Settings.

Fuente: Propia.

Ingresamos al cuadro de Volume Settings y modificamos los factores que están en las siguientes tablas.

Tabla 20: Factores ingresados en la opción de Volume Settings.

Peak Hour Factor	Factor de hora punta	Por cada acceso
Heavy Vehicles (%)	Vehículos pesados (%)	Por cada acceso
Bus Blockages (#/hr)	Bloqueos de bus (# / hr)	Por cada acceso

Fuente: Propia.

### Peak Hour Factor – Factor de hora punta

Tabla 21: Factores de hora punta por veh/hor.

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

Fuente: HCM 2000

Tabla 22: Cantidad de veh/hora de cada acceso.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	160	92	96	84
Medio	780	524	1288	728
Izquierda	120	44	208	124

Para conocer el factor de hora punta de cada giro en cada acceso, procedemos a interpolar los valores que tenemos.

Tabla 23: Factor de hora punta de cada giro en cada acceso.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	0.854	0.822	0.826	0.814
Medio	0.9256	0.92048	0.93576	0.92456
Izquierda	0.838	0.6864	0.87133333	0.8396

Fuente: Propia.

Tabla 24: Vehículos pesados que pasan por cada acceso.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	0	0	0	0
Medio	6	14	0	0
Izquierda	0	0	0	0

Fuente: Propia.

### Heavy Vehicles (%) – Vehículos pesados (%)

El porcentaje se obtiene del total de vehículos que pasan por 15 min de la hora más crítica, asumimos porcentajes de 1% para la cantidad de 0.

Tabla 25: Porcentaje de vehículos pesados que pasan por cada acceso.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1	1	1	1
Medio	2.3	8.48	1	1
Izquierda	1	1	1	1

Fuente: Propia.

### Bus Blockages (#/hr) – Bloqueos de bus (#/hr)

Asumimos los valores de los 15 minutos más críticos, estos valores deben ser múltiplos de 4 para simular la hora más crítica, pero en la realidad no todos los buses paran en el acceso, entonces el valor a considerar será múltiplo de 2.

Tabla 26: Cantidad de micros y combis rural que pasan por cada acceso.

Acceso \ Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	20	2	14	4
Medio	0	14	100	100
Izquierda	16	0	32	4

Fuente: propia.

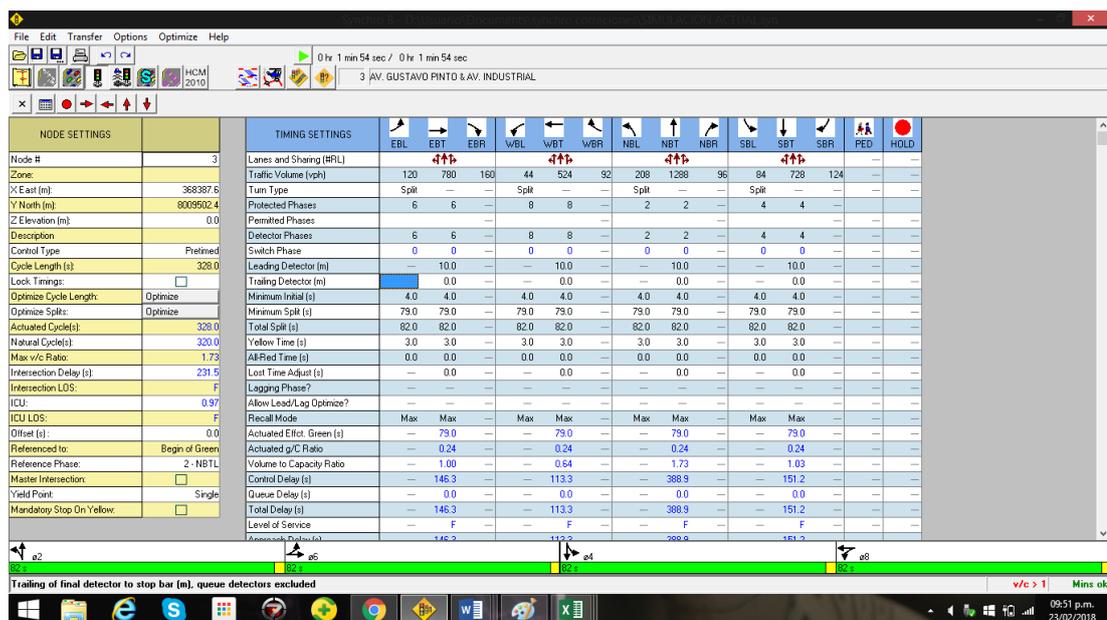


Figura 31: Cuadro de datos de Node Settings/Timing Settings.

Fuente: Propia.

Ingresamos a la opción Node Settings/Timing Settings y modificamos los factores que están en las siguientes tablas.

Tabla 27: Factores Timing Settings.

Turn Type	Tipo de giro	Por cada acceso
Protected Phases	Fases Protegidas	Por cada acceso
Minimun Split (s)	División mínima (s)	20
Total Split (s)	División total (s)	82

Yellow Time (s)	Tiempo Amarillo (s)	3
-----------------	---------------------	---

Fuente: Propia.

### Turn Type – Tipo de giro

Para los giros a la izquierda se consideró la opción “Split”: el tráfico que se dirige a la izquierda y el tráfico que sigue la dirección de la vía comparten una sola fase.

Para los giros a la derecha se asume la opción “Protected + Overlap”: el tráfico que se dirige a la derecha comparte una misma fase con el tráfico que se dirige en la dirección de la vía. Se realiza giro a la derecha compatible con un giro a la izquierda.

### Protected Phases

Se asigna una o más fases para cada movimiento de cada acceso, el programa coloca una codificación por defecto.

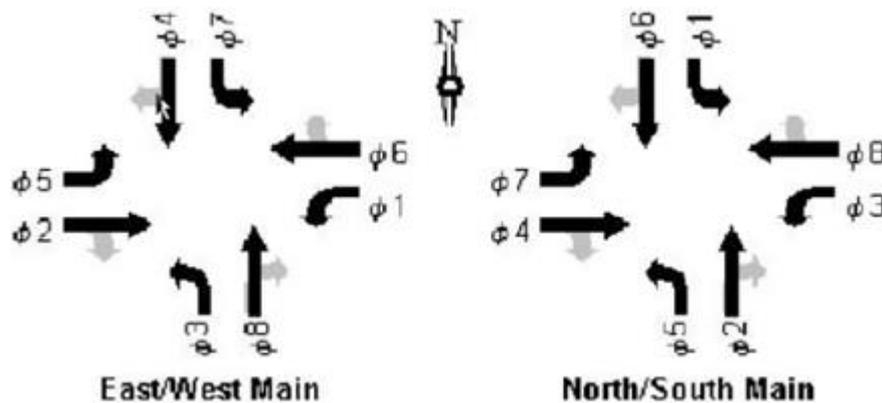


Figura 32: Fases protegidas que el Synchro V8 considera por defecto.

Fuente: HCM 2000

Para nuestro caso trabajamos con la segunda figura, siendo norte y sur la Av. Gustavo Pinto, este y oeste la Av. Industrial.

El programa considera números pares para los vehículos que pasan de frente y giran a la derecha, números impares para aquellos que giran a la izquierda.

Esta codificación da a entender que al estar el semáforo en verde los vehículos que pasan por el acceso de la Av. Gustavo Pinto Entrada tienen por defecto el número 2.

Luego el semáforo pasa a rojo y la siguiente fase que tiene luz verde es la número 6.

La siguiente fase en pasar en luz verde es la número 4 y finalmente la número 8, de esa forma se representa como es el tránsito vehicular por defecto.

En nuestro caso las fases que aparecen por defecto no son las reales para nuestro análisis, por lo tanto se procede a modificar las fases protegidas para obtener el tránsito vehicular real.

Tabla 28: Fases Protegidas modificadas para el tránsito vehicular real.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	6 y 2	4 y 8	8 y 2	4 y 6
Medio	6	8	2	4
Izquierda	6	8	2	4

Fuente: Propia.

### Minimun Split – División mínima (s)

Es el tiempo más corto permitido para una fase. El programa por defecto considera 20s, consideramos ese valor.

### Total Split –División Total (s)

Es el tiempo total de la división, incluye los intervalos verdes, amarillos y todos rojos asignados a una fase. El tiempo total de cada fase es de 82s.



Figura 33: Tiempos de verde, ambar y todo rojo de los semáforos.

Fuente: Propia.

### Yellow Time – Tiempo amarillo (s)

Considera como el tiempo de ámbar, para nuestra simulación tomamos el valor de 3 s.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Identificando los datos obtenido del conteo vehicular, se usó el programa Synchro V8, para caracterizar la intersección en la situación actual.

### 4.1. Situación actual.

- **Lane Settings resultados:**

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	120	780	160	44	524	92	208	1288	96	124	728	84
Traffic Volume (vph)	AV. INDUSTRIAL			AV. INDUSTRIAL			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	280.2			330.0			225.0			350.0		
Link Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arrival Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	20.2			23.9			16.2			25.2		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.5	3.5	3.5	3.7	3.7	3.1	3.1	3.1	3.1	4.7	4.7	4.7
Grade (%)	3			-3			0			0		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>											
Storage Length (m)	0.0			52.0			0.0			32.0		
Storage Lanes (#)	1			1			1			1		
Right Turn Channelized	Signal			Signal			Signal			None		
Curb Radius (m)	10.0			10.0			10.0			10.0		
Add Lanes (#)	1			1			1			1		
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	3428	1495	3388	1527	2715	1468	3437	1495	3388	1527	2715	1468
Left Turn Factor (perm)	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000	0.993	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	3428	1495	3388	1527	2715	1468	3437	1495	3388	1527	2715	1468
Right Turn on Ped?	0	99	0	96	0	96	0	96	0	96	0	96
Saturated Flow Rate (RTDR)	0	99	0	96	0	96	0	96	0	96	0	96
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>											
Hide Name in Nisde Title	<input type="checkbox"/>											
Grade is slope percentage (-15% to 15%)	<input type="checkbox"/>											

Figura 34: Resultados del programa Synchro v8.

Fuente: Propia.

Los números de color azul son los resultados que da el Programa.

Tabla 29: Resultados del programa.

Ideal Satd. Flow (vphpl)	Flujo saturado ideal (vphpl)
Lane Utilization Factor	Factor de utilización del carril
Right Turn Factor	Factor de giro a la derecha
Left Turn Factor (prot)	Factor de giro a la izquierda (prot)
Saturated Flow Rate (prot)	Tasa de flujo saturado (prot)
Left Turn Factor (perm)	Factor de giro a la izquierda (perm.)
Right Ped Bike Factor	Factor derecho de bicicleta
Left Ped Factor	Factor izquierdo de Ped
Saturated Flow Rate (perm)	Tasa de flujo saturado (perm.)

Fuente: Propia.

### Ideal Satd. Flow – Flujo saturado ideal (vphpl)

Índice de flujo saturado ideal para un solo carril en este campo. El HCM 2000 recomienda el uso de 1900 vehiculos por hora de carril.

### Lane Utilization Factor – Factor de utilización del carril

El factor de utilización de carril determina cómo se distribuyen los volúmenes de tráfico asignados a un grupo de carril en carril.

Tabla 30: Factores utilizados por el Synchro V8, considerando movimientos de grupo de carril y número de líneas.

Lane Group Movements	# of Lanes	Lane Utilization Factor
Thru or shared	1	1.00
Thru or shared	2	0.95
Thru or shared	3	0.91
Thru or shared	4+	0.86
Left	1	1.00
Left	2	0.97
Left	3+	0.94
Right	1	1.00
Right	2	0.88
Right	3	0.76

Fuente: HCM 2000

Tabla 31: Resultados para factor de utilización del carril.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1	1	1	1
Medio	0.95	0.95	0.95	0.95
Izquierda	0.95	0.95	0.95	0.95

Fuente: Propia.

### Right Turn Factor – Factor de giro a la derecha

Se usa para reducir la tasa de flujo de saturación según la proporción de giros a la derecha en el grupo de carriles y de tipo de carril que da vuelta a la derecha.

Tabla 32: Resultados para factor de giro a la derecha.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	0.85	0.85	0.85	0.85
Medio	1	1	1	1
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Left Turn Factor – Factor de giro a la izquierda (prot)

Los factores de giro a la izquierda se aplican en el cálculo de la tasa de flujo saturado del HCM 2000.

Tabla 33: Resultados para factor de giro a la izquierda.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1	1	1	1
Medio	0.993	0.995	0.993	0.994
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Saturated Flow Rate – Tasa de flujo saturado (prot)

Representan la cantidad de carriles multiplicados por la Tasa de flujo saturada ideal y los factores de interferencia causados por vehículos pesados, autobuses, maniobras de estacionamiento, anchos de carril, tipo de área, pendiente y movimiento de giro.

Tabla 34: Resultados para Tasa de flujo saturado.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1433	1521	1426	1521
Medio	3428	3340	2682	2748
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Left turn Factor – Factor de giro a la izquierda (perm)

Los resultados son iguales a Left Turn Factor (prot)

### Right Ped Bike Factor – Factor derecho de bicicleta

Es un cálculo en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan el movimiento del giro a la derecha.

Tabla 35: Resultados para Factor derecho de Bicicleta.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1	1	1	1
Medio	1	1	1	1
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Left Ped Factor – Factor izquierdo de Bicicleta

Factor que se calcula en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan los movimientos permitidos a la izquierda.

Tabla 36: Resultados para Factor izquierdo de Bicicleta.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	1	1	1	1
Medio	1	1	1	1
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Saturated Flow Rate – Tasa de flujo saturado (perm)

Los resultados son iguales a Saturated Flow Rate (prot)

- **Volumen Settings resultados**

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	120	780	160	44	524	92	208	1288	96	124	728	84
Conflicting Peds. (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peak Hour Factor	0.84	0.93	0.85	0.69	0.92	0.82	0.87	0.94	0.83	0.84	0.92	0.81
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	1	2	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1
Bus Blockages (#/hr)	8	0	10	0	7	1	16	95	7	2	62	2
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffic from mid-block (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Link OD Volumes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adjusted Flow (vph)	143	839	188	64	570	112	239	1370	116	148	791	104
Traffic in shared lane (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	982	188	0	634	112	0	1609	116	0	1043	0

Figura 35: Resultados del programa en Volume Settings.

Fuente: Propia.

Tabla 37: Resultados del programa.

Adjusted Flow (vph)	Flujo ajustado (vph)
Lane Group Flow (vph)	Flujo grupal de carril

Fuente: Propia.

### Adjusted Flow – Flujo ajustado (vph)

Es el volumen introducido modificado por el factor de hora punta y el factor de crecimiento.

Tabla 38: Resultados de Adjusted Flor (vph).

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	188	112	116	148
Medio	839	570	1370	791
Izquierda	143	64	239	104

Fuente: Propia.

### Lane Group Flow – Flujo grupal de carril (vph)

Combina los flujos ajustados y el tráfico en los valores de Carril compartido (%) para asignar volúmenes netos a cada grupo de carriles.

Tabla 39: Resultados de Lane Group Flow.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	188	112	116	148
Medio	982	634	1609	895
Izquierda	0	0	0	0

Fuente: Propia.

• **Resultados de Node Settings y Timing Settings**

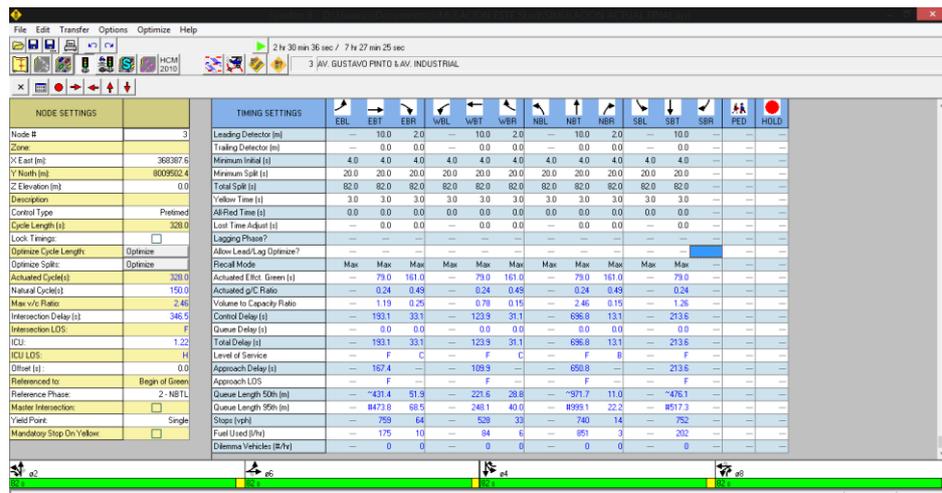


Figura 36: Resultados del programa.

Fuente: Propia.

**Node Settings**

Tabla 40: Resultados del programa.

Actuated Cycles (s)	Ciclos accionados
Natural Cycles (s)	Ciclos Naturales
Max v/c Ratio	Relación máxima de v / c
Intersection Delay (s)	Demora de intersección (s)
Intersection LOS	Nivel de servicio de intersección
ICU	Utilización de la capacidad de intersección
ICU LOS	Intersección Capacidad Utilización Nivel de servicio

Fuente: Propia.

**Actuated Cycles – Ciclos accionados (s)**

Es la longitud promedio del ciclo para una señal accionada.

Se obtuvo: Actuated Cycles (s) = 328

**Natural cycles – ciclos naturales (s)**

Es la longitud del ciclo más corta que dará una capacidad aceptable.

Natural cycles = 150s

**Max v/c Ratio – Relación máxima de v/c**

Es la relación v/c de movimiento individual o de grupo de carril más alta.

Teniendo como resultado un Max v/c Radio de 2.49.

### Intersection Delay – Demora de intersección (s)

Demora total de la intersección señalada, como resultado tenemos 352.3 seg

### Intersection LOS

Nivel de servicio para la intersección, se calcula tomando la Demora de intersección total y convirtiéndolo a nivel A-F.

Tabla 41: Niveles de Servicio segun demora.

Control Delay Per Vehicle (s)	LOS by Volume to Capacity Ratio	
	$\leq 1$	$> 1$
$\leq 10$	A	F
$> 10$ and $\leq 20$	B	F
$> 20$ and $\leq 35$	C	F
$> 35$ and $\leq 55$	D	F
$> 55$ and $\leq 80$	E	F
$> 80$	F	F

Fuente: HCM 2000

El nivel de servicio que tiene la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial es F.

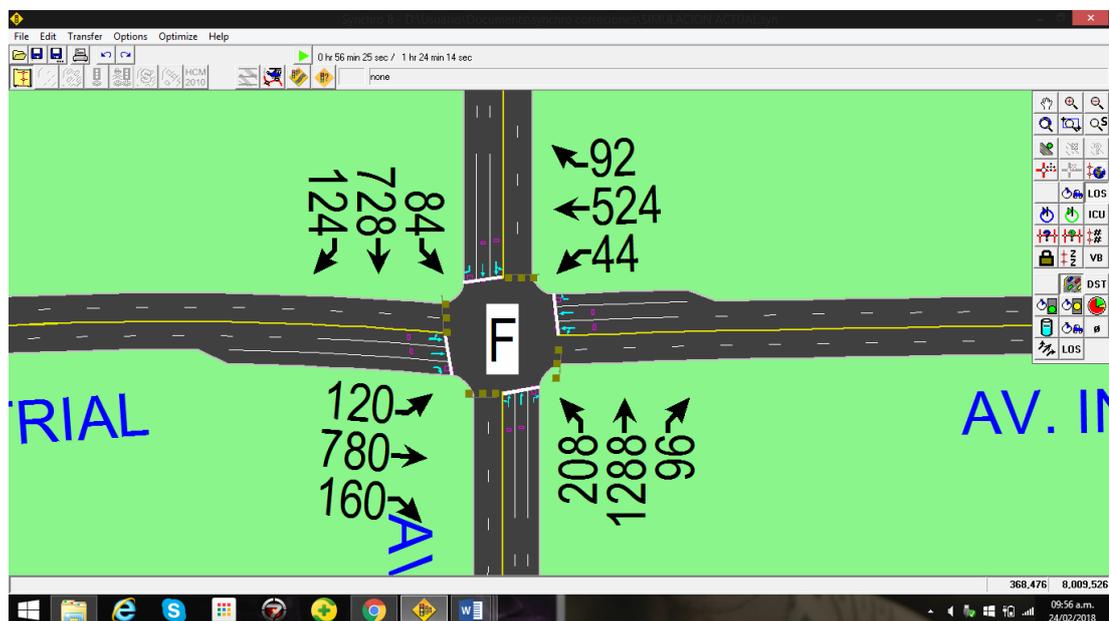


Figura 37: Nivel de servicio de la intersección.

Fuente: Propia.

### ICU – Utilización de la capacidad de intersección

Se muestra para intersecciones no señalizadas porque representa la capacidad potencial para la intersección si se señalizara. El ICU de la intersección es 1.18.

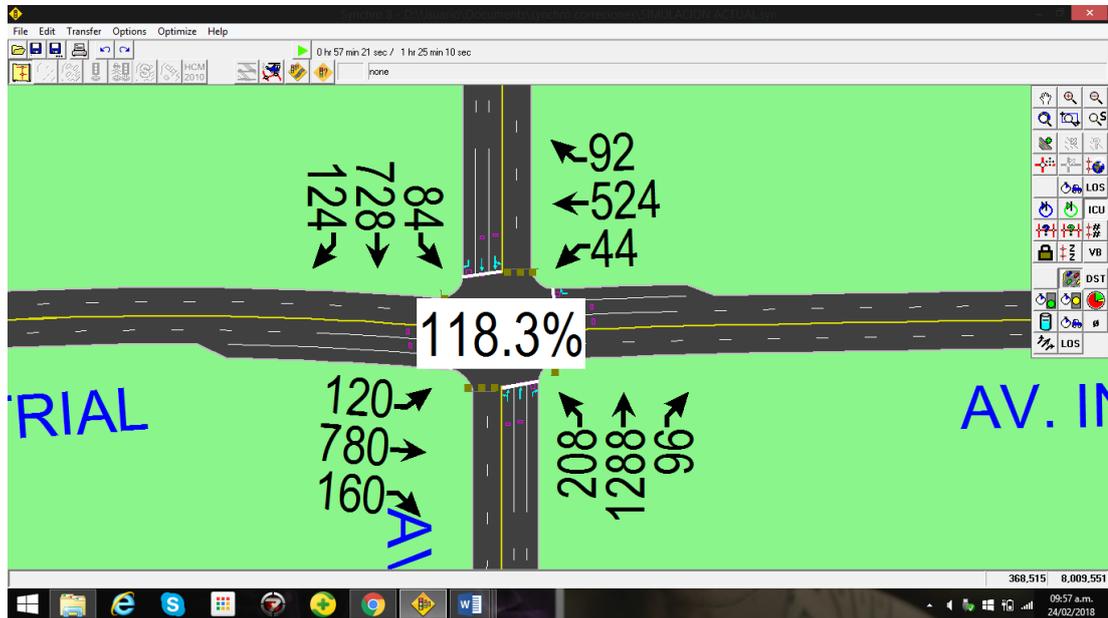


Figura 38: ICU de la intersección.

Fuente: Propia.

- **Timing Settings**

Actuated Effct. Green (s)	Acto verde efectivo
Actuated g/C Ratio	Proporción accionada verde a ciclo
Volume to capacity Ratio	Relación de volumen a capacidad
Control Delay (s)	Retardo de control
Queue Delay (s)	Retardo de cola (s)
Total Delay (s)	Retraso total (s)
Level of Service	Nivel de servicio
Approach Delay (s)	Retraso de Enfoque
Approach LOS	Enfoque de Nivel de Servicio
Queue Length 50th (m)	Longitud de cola 50 (m)
Queue Length 95th (m)	Longitud de cola 95 (m)
Stops (vph)	Detiene
Fuel Used (l/hr)	Combustible utilizado (l / hr)
Dilema Vehicles (#/hr)	Dilema Vehículos

Fuente: Propia.

**Actuated Effct. Green - Acto verde efectivo (s)**

Representa el tiempo verde observado mientras la señal está funcionando en modo accionado.

Tabla 42: Tiempos de verde para cada giro en cada acceso.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	39	39	39	39
Medio	20	20	20	20
Izquierda	20	20	20	20

Fuente: Propia

### Actuated g/C Ratio - Proporción accionada verde a ciclo

Tiempo verde Promedio activado dividido por la longitud del ciclo accionado.

Tabla 43: Resultado de Actuated g/C Ratio.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	0.49	0.49	0.49	0.49
Medio	0.24	0.24	0.24	0.24
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Volume to capacity Ratio - Relación de volumen a capacidad

Indica la cantidad de congestión para cada grupo de carril.

Tabla 44: Resultado de Volume to capacity Ratio.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	0.26	0.15	0.16	0.19
Medio	1.19	0.79	2.49	1.35
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Control Delay - Retardo de control (s)

Estos retrasos son equivalentes a los tiempos de retardo detenido una constante de 1.3

Tabla 45: Resultado de Control Delay.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	33.4	31.1	33.6	22.9
Medio	193.1	124.8	709.9	247.9
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Queue Delay - Retardo de cola (s)

Es un análisis de los efectos de las colas con otras intersecciones. Solo se tiene una intersección por lo tanto se asume 0 para cada giro de cada acceso.

### Total Delay - Retraso total (s)

Demora total, es la suma de las dos demoras anteriores.

Tabla 46: Resultado de Total Delay.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	33.1	31.1	33.6	22.9
Medio	193.1	123.9	709.0	247.9
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Level of Service - Nivel de servicio

Se toma el retardo de intersección señalado y se convierte a una letra entre A-F.

Tabla 47: Resultado de LOS.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	C	C	C	C
Medio	F	F	F	F
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Approach Delay - Retraso de Enfoque (s)

Es la demora de todo el acceso

Tabla 48: Resultado de Approach Delay.

Acceso	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.
Approach Delay	664.4	216.0	167.5	110.7

Fuente: Propia

### Approach LOS - Enfoque de Nivel de Servicio

Es el enfoque LOS basado en la demora total.

Tabla 49: Resultado de Approach LOS.

Acceso	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.
Approach LOS	F	F	F	F

Fuente: Propia

### Queue Length 50th (m) - Longitud de cola 50 (m)

La cola máxima del percentil 50 es la parte posterior máxima de la cola en un ciclo típico.

Tabla 50: Resultado de Queue Length 50 th (m).

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	52.3	28.8	32.3	27.9
Medio	~431.4	222.4	~974.8	~427.5
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia

### Queue Length 95th (m) - Longitud de cola 95 (m)

La cola máxima del percentil 95 es la parte posterior máxima de cola con volúmenes de tráfico.

Tabla 51: Resultado de Queue Length 95 th (m).

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	69	40	44.5	41.5
Medio	#473.8	249	#1002.1	#470.7
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Stops (vph) – Paradas

Cantidad de paradas que realizan los vehículos en cada acceso por hora.

Tabla 52: Resultado de Stops.

Acceso Carril	Av. Industrial E.	Av. Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	64	33	38	34
Medio	759	530	734	613
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Fuel Used (l/hr) - Combustible utilizado (l / hr)

Es el combustible usado según las condiciones de velocidad, paradas, distancia recorrida y las demoras que se generan por el tiempo de semaforización.

Tabla 53: Resultado de Fuel Used.

Acceso Carril	Av Industrial E.	Av Industrial S.	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.
Derecha	10	6	5	7
Medio	175	84	866	196
Izquierda	-	-	-	-

Fuente: Propia.

### Dilema Vehicles - Dilema Vehículos (#/hr)

Cantidad de vehículos por hora que se aproximan a la intersección, cuando el semáforo está cambiando a la luz amarilla. Los resultados son 0 para cada carril de los accesos.

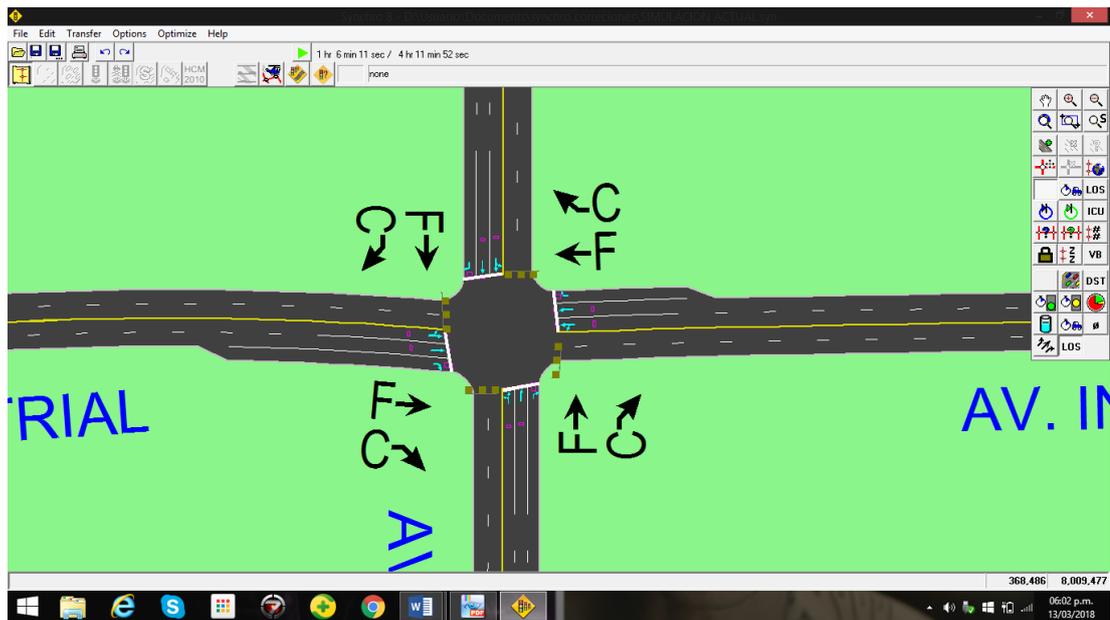


Figura 39: Nivel de servicio de cada acceso..

Fuente: Propia.

## 4.2. Propuestas de Alternativas de Solución

### 4.2.1. Propuesta 1

A partir de la situación actual, modelados alternativas para mejorar el nivel de servicio de la vía.

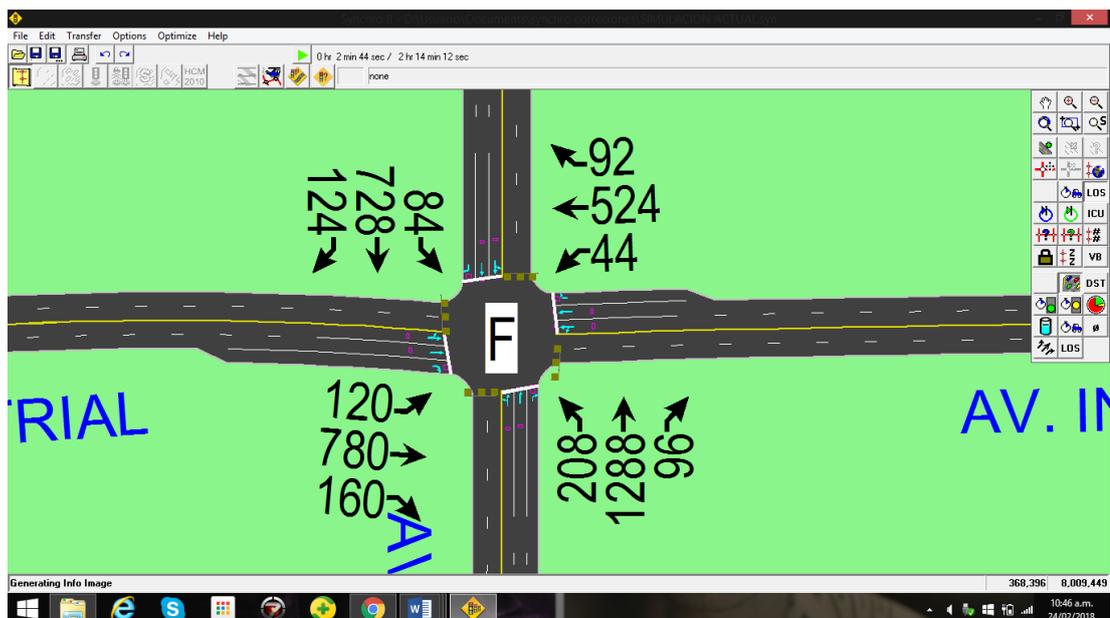


Figura 40: Situación actual Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

Fuente: Propia.

Cancelamos los giros a la izquierda.

La cantidad de vehículos que realizaban el giro a la izquierda, serán sumados a la cantidad de vehículos que van de frente.

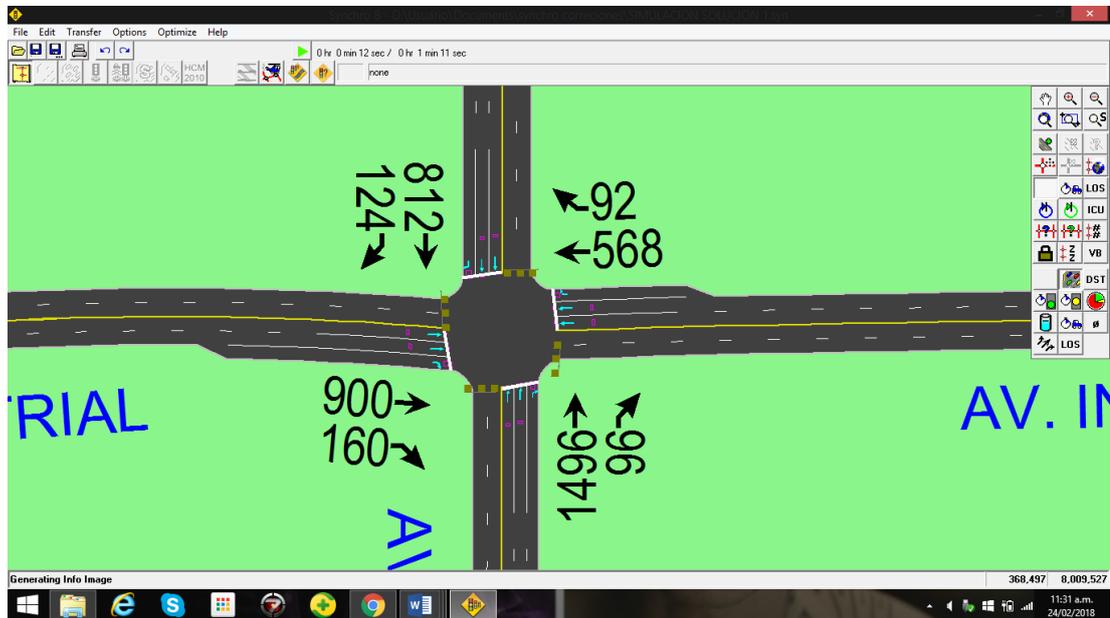


Figura 41: Eliminación de giros a la izquierda.

Fuente: Propia

Al seguir el nivel de serviciabilidad en F, procedemos a modificar las fases protegidas de los accesos.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑	↑		↑↑	↑		↑↑	↑		↑↑	↑	—	—
Traffic Volume (vph)	0	900	160	0	568	92	0	1496	96	0	812	124	—	—
Turn Type	—	—	Prot	—	—	Prot	—	—	Prot	—	—	Prot	—	—
Protected Phases	—	6	6	—	6	6	—	2	2	—	2	2		

Figura 42: Cambio de fases protegidas.

Fuente: Propia.

De esta manera hacemos que existan solo 2 fases, es decir que los vehículos de la Av. Gustavo Pinto tanto en Entrada y Salida circularan al mismo tiempo, el mismo criterio se aplica para la Av. Industrial.

Serán 2 carriles que siguen la dirección de la vía y un tercer carril que es solo para el giro a la derecha.

Cambiamos los tiempos de semaforización para aumentar el tiempo de verde y optimizamos.

Modificamos el Total Split a 40 s.

Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	—
Total Split (s)	—	40.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—	—	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	37.0	—	—	37.0	—	—	37.0	—	—	—

Figura 43: Modificación del Total Split.

Fuente: Propia.

Realizamos la optimización:

Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize

Figura 44: Botones para optimizar.

Fuente: Propia.

Y Los nuevos tiempos de acto verde efectivo después de optimizar son:

Acceso	Av. Gustavo Pinto E.	Av. Gustavo Pinto S.	Av Industrial E.	Av Industrial S.

Los resultados que brinda esta modificación son:

Tabla 54: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas.

Max v/c Ratio	0.96
Intersection Delay (s)	24.6
Intersection LOS	C

Fuente: Propia.

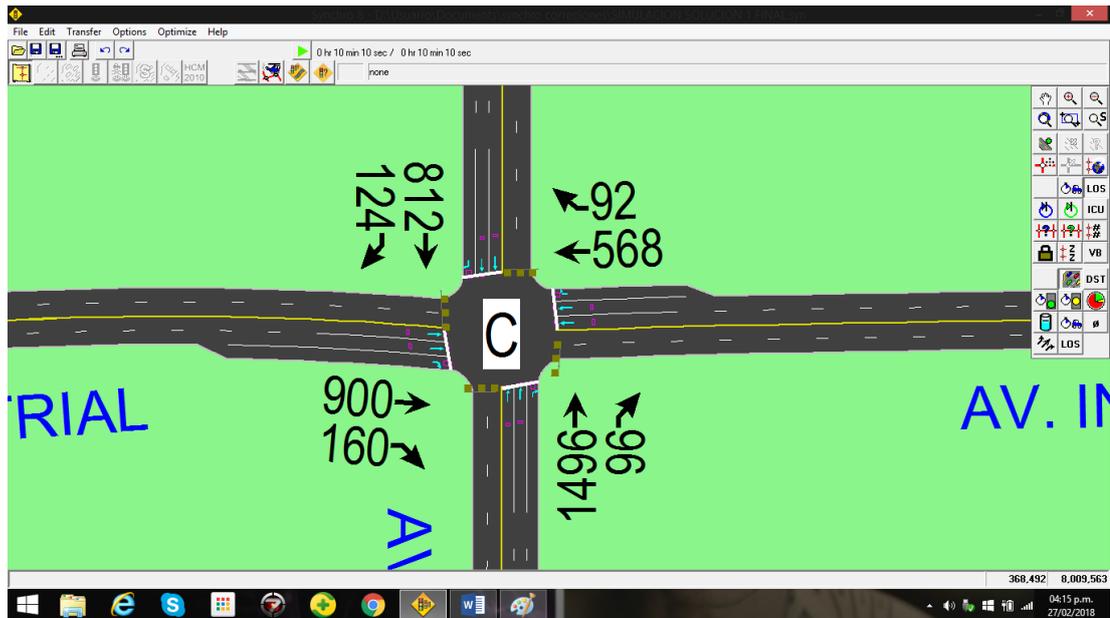


Figura 45: Nivel de servicio C de la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial.

Fuente: Propia.

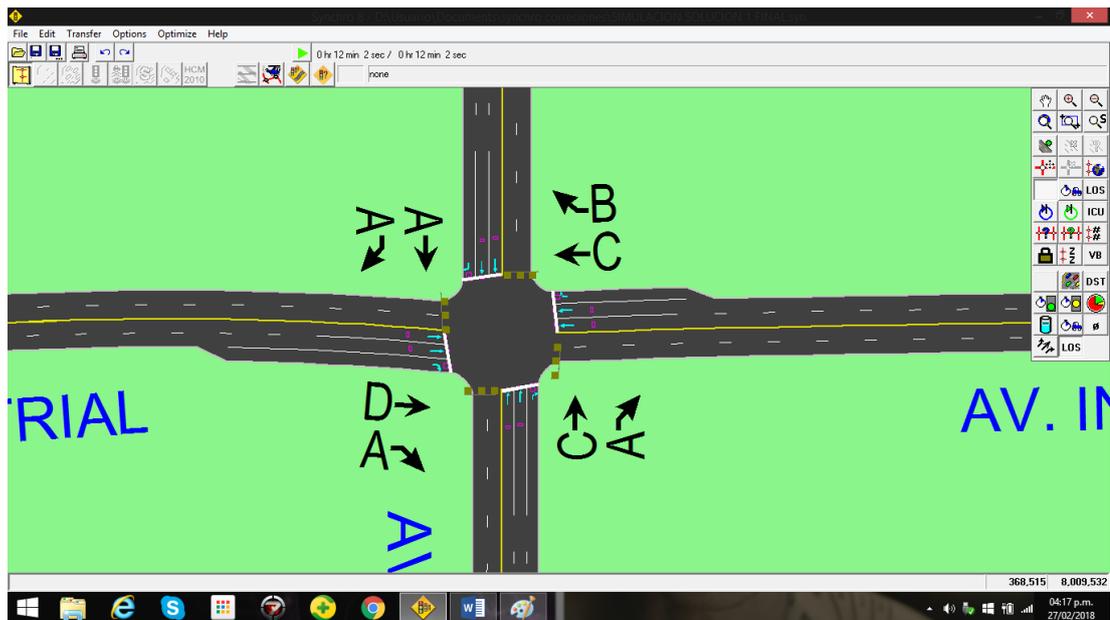


Figura 46: Nivel de servicio de cada acceso.

Fuente: Propia.

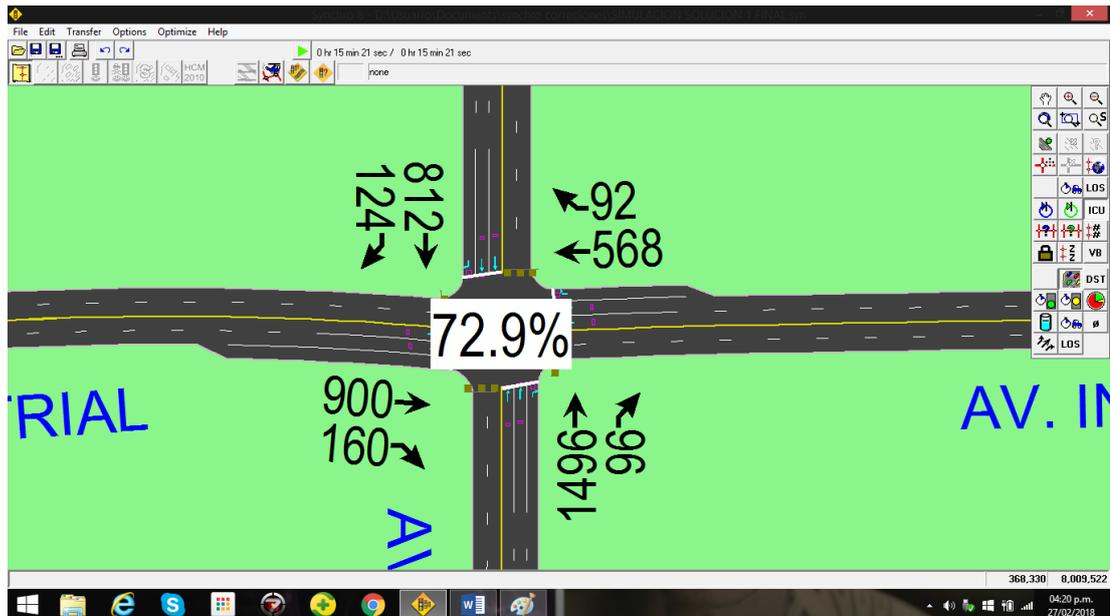


Figura 47: ICU de la intersección.

Fuente: Propia.

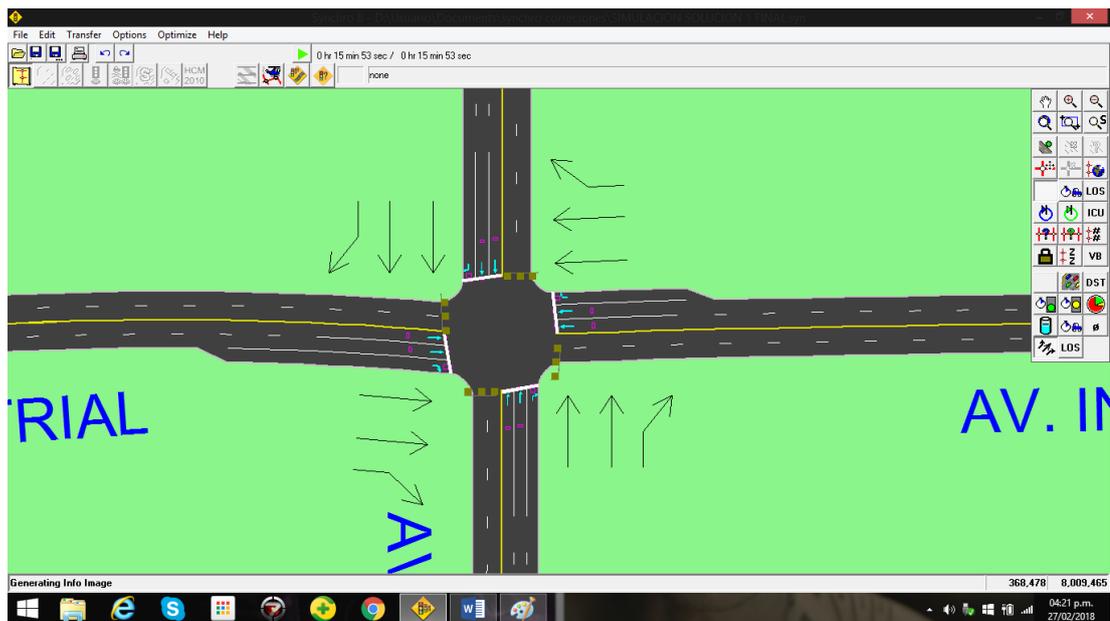


Figura 48: Direcciones de los giros.

Fuente: Propia.

#### 4.2.2. Propuesta 2

Como otra alternativa de solución se propone realizar una rotonda en la intersección y a su vez un intercambio vial solo en la Av. Gustavo Pinto.

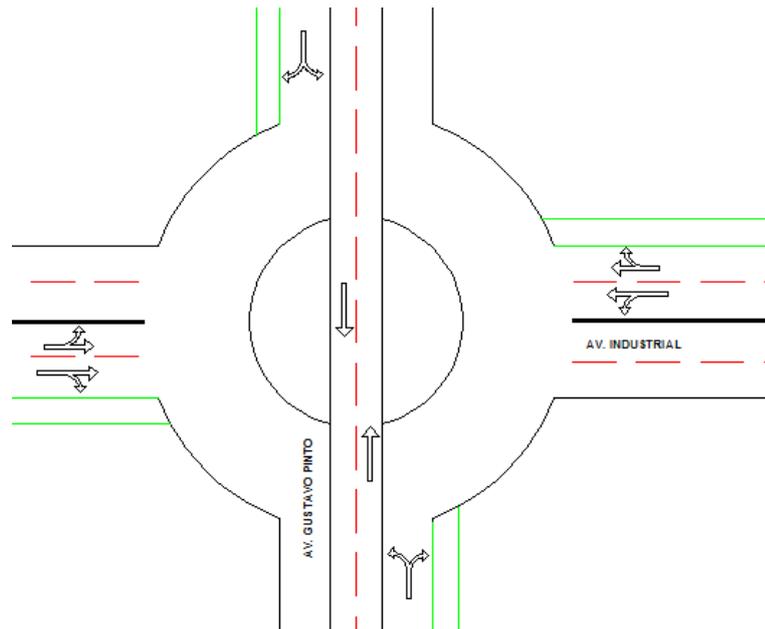


Figura 49: Croquis de Solución 2 propuesta.

Fuente: Propia.

Se considera radio interno de 12.5m y radio exterior de 25m

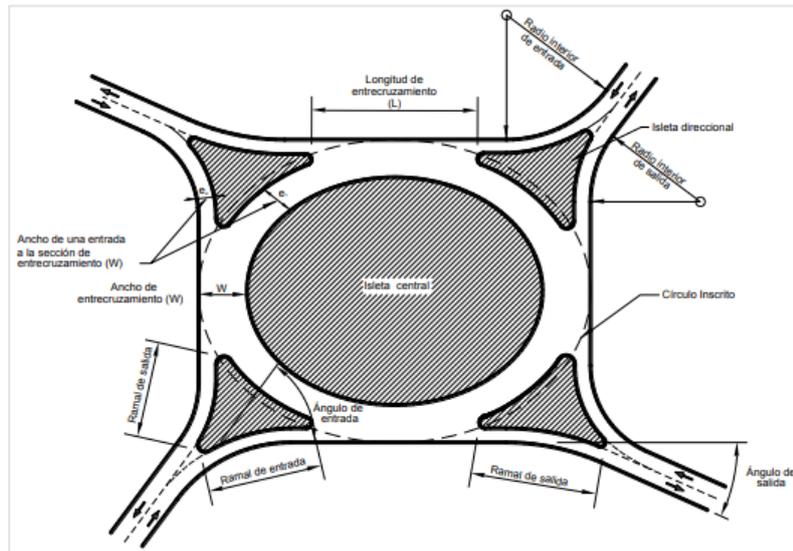


Figura 50: Diseño de una rotonda.

Fuente: DG-2014

### *Criterios de diseño geométrico de rotondas*

Descripción	Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central	m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito	m	50

Figura 51: Criterios de diseño para una rotonda.

Fuente: DG-2014

En la Av. Gustavo Pinto simulamos solo con una vía que tiene giros hacia la derecha e izquierda.

Asumimos que un carril de dicho acceso sea libre, los vehículos que pasen por el intercambio vial serán el 100% de aquellos que siguen la dirección de la vía.

Simulamos con estos valores.

SIGNING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	120	780	160	44	524	92	208	0	96	84	0	124

Figura 52: Configuración para la rotonda.

Fuente: Propia

Los resultados que brinda esta modificación son:

Tabla 55: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas.

Max v/c Ratio	0.69
Intersection Delay (s)	13.4
Intersection LOS	B

Fuente: Propia

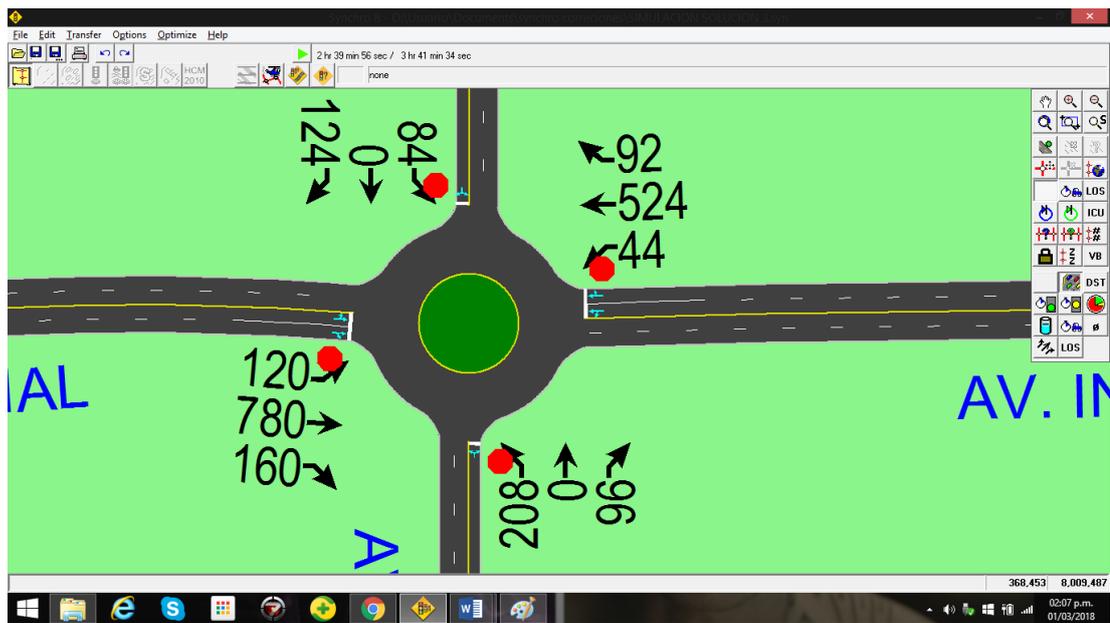


Figura 53: Nuevas direcciones y giros.

Fuente: Propia

HCM 2010 ROUNDABOUT	
Node #	3
Zone:	
X East (m):	368387.6
Y North (m):	8009502.4
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Max v/c Ratio:	0.69
Intersection Delay (s):	13.4
Intersection LOS:	B
ICU:	0.88
ICU LOS:	E
Inside Radius (m):	12.5
Outside Radius (m):	25.0
Roundabout Lanes (#):	2
Circle Speed (km/h):	30
Inside Color:	<span style="background-color: green; color: black;"> </span>
Transparent Circle:	<input type="checkbox"/>

Figura 54: Resultados de la simulación.

Fuente: Propia.

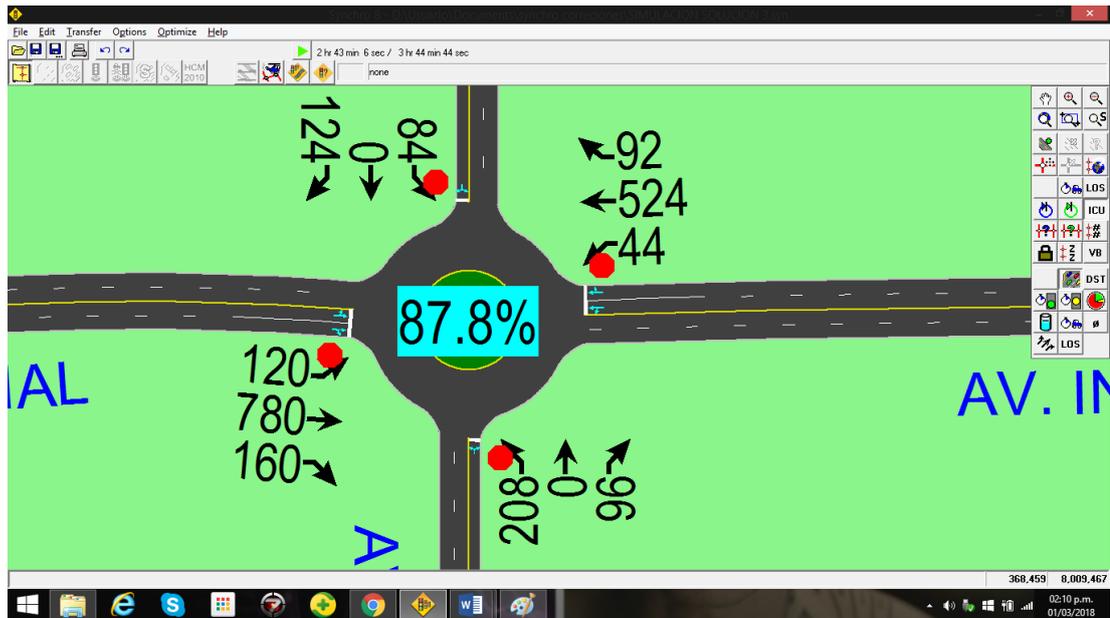


Figura 55: ICU de la intersección.

Fuente: Propia.

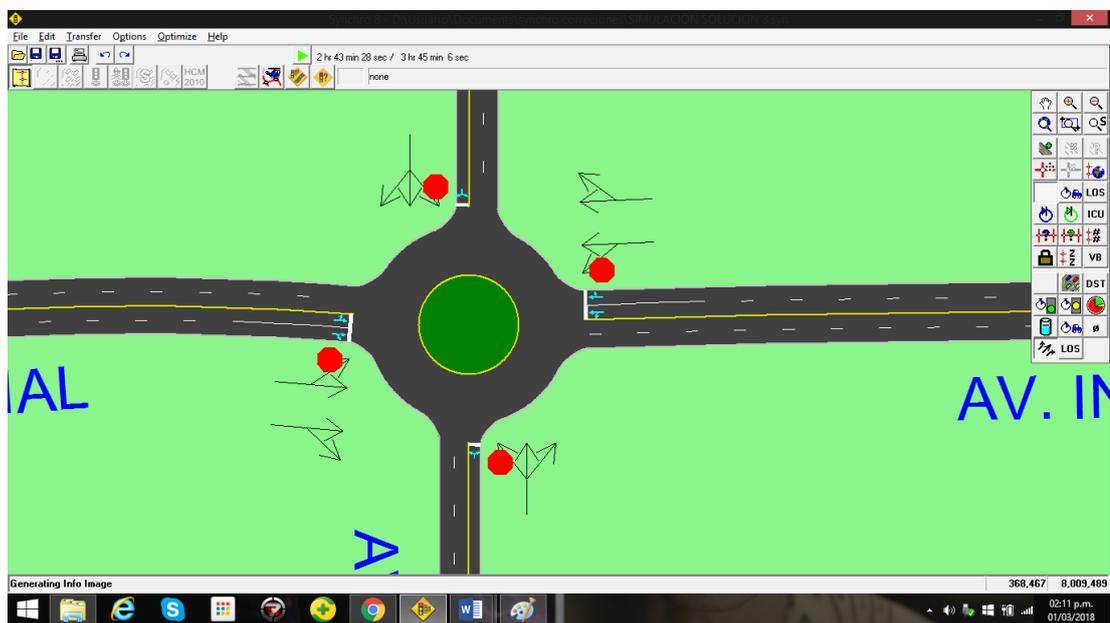


Figura 56: Direcciones de los giros.

Fuente: Propia.

#### 4.2.3. Propuesta 3

Realizamos un intercambio vial. De la situación actual:

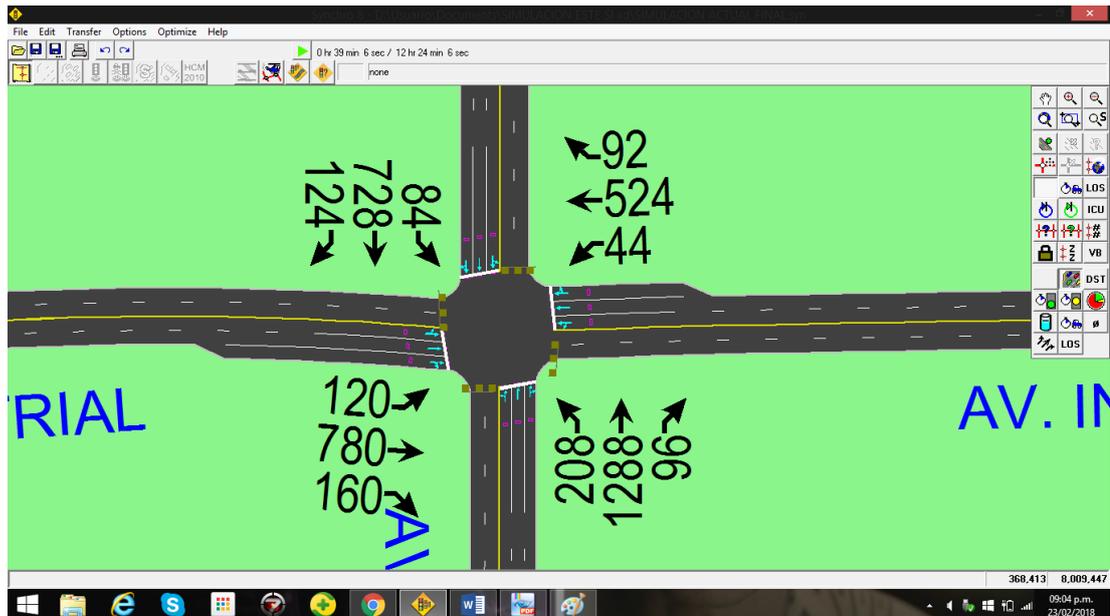


Figura 57: Situación actual.

Los carriles que estaban destinados para el giro a la derecha se cancelan, y la utilidad que se le dará será para estacionamiento o paradero.

Quedando 2 carriles, de los cuales el carril que está al lado izquierdo será utilizado para el intercambio vial.

No existen los tiempos de semaforización.

El carril que queda al lado derecho será para los giros a la derecha.

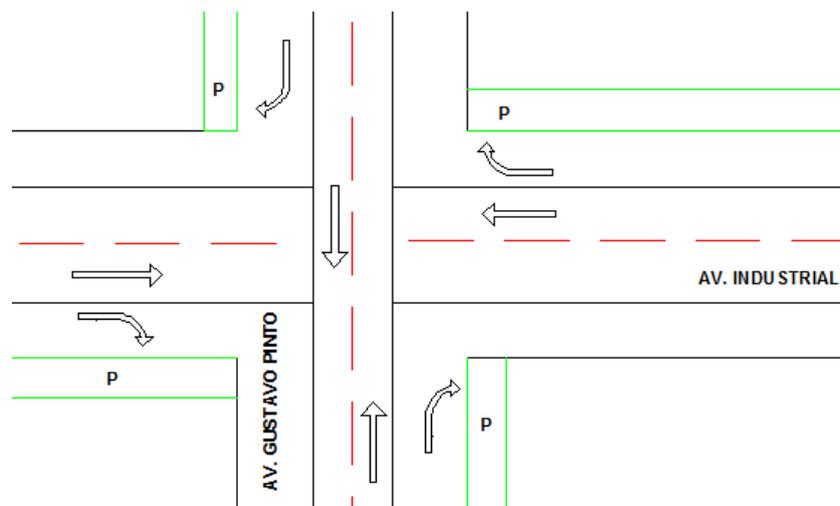


Figura 58: Croquis Solución 3 propuesta.

Fuente: Propia.

Los resultados que brinda esta modificación son:

Tabla 56: Resultados obtenidos cambiando las fases protegidas.

Max v/c Ratio	0.16
Intersection Delay (s)	0.2
Intersection LOS	A

Fuente: Propia.

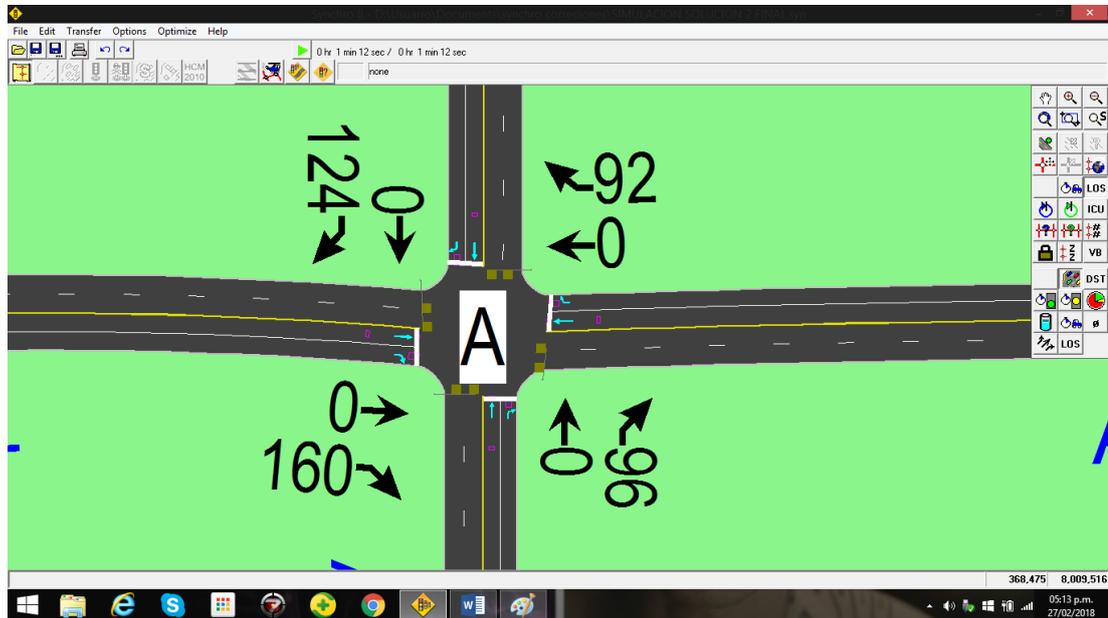


Figura 59: Nuevas direcciones y giros.

Fuente: Propia.

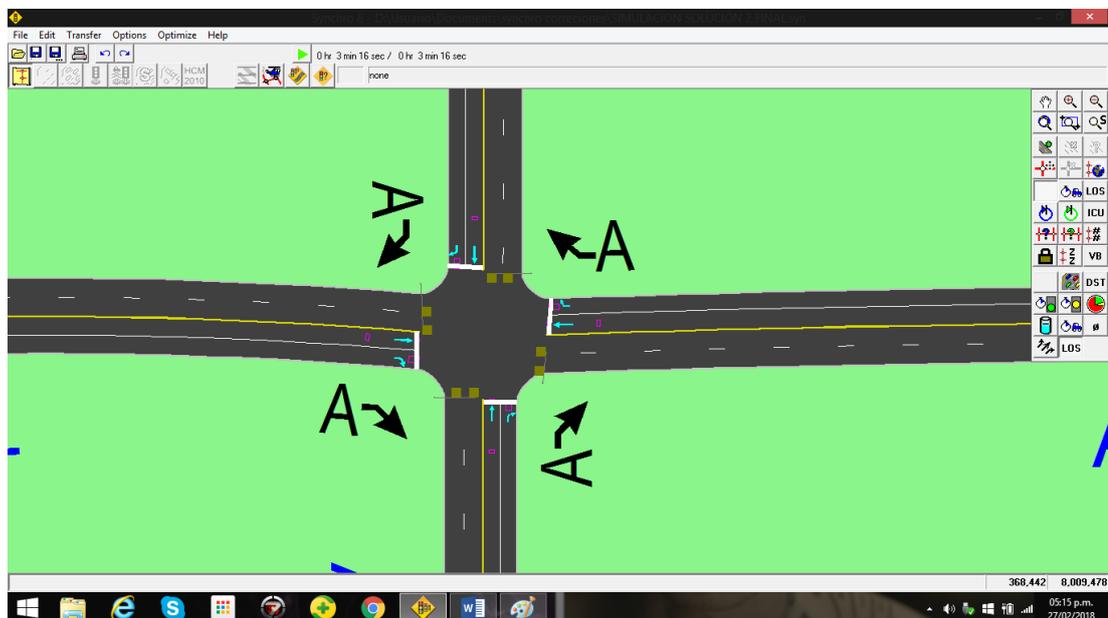


Figura 60: Nivel de servicio de los accesos.

Fuente: Propia.

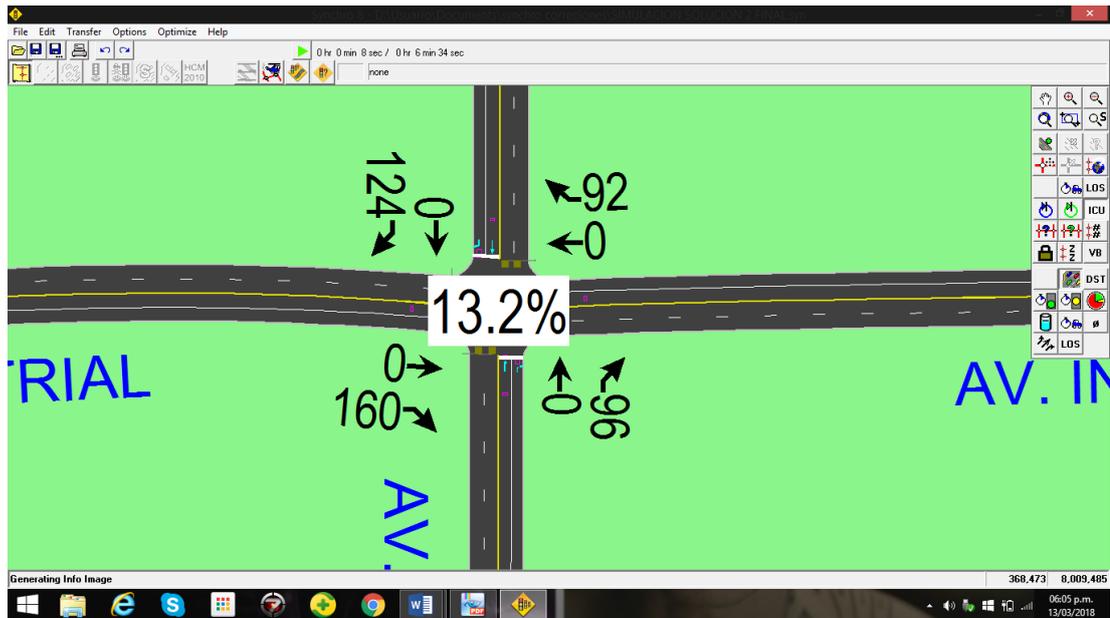


Figura 61: ICU de la intersección.

Fuente: Propia.

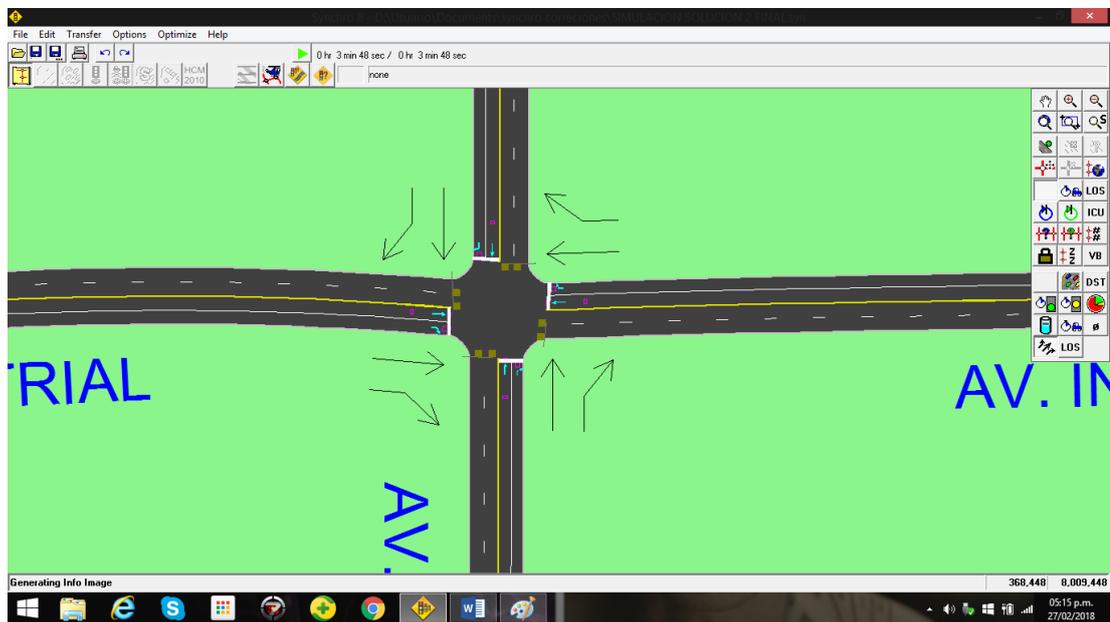


Figura 62: Direcciones de los giros.

Fuente: Propia.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la simulación del programa Synchro v8 de la situación actual son los siguientes:

*Tabla 57: Situación actual.*

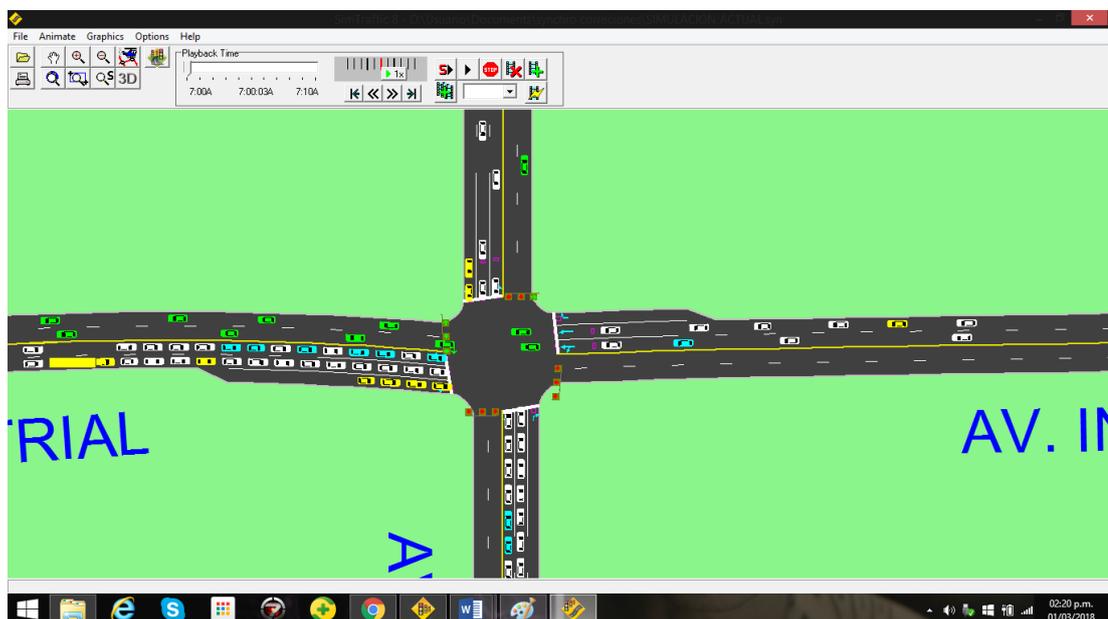
Max v/c Ratio	2.49
Interseccion Delay (s)	352.3
Intersection LOS	F

Fuente: Propia

Muestran que el nivel de servicio de la intersección estudiada es muy mala (F)

Al tener los tiempos de semaforización actuales, podemos observar que la demora o retraso que tienen los vehículos es muy extensa.

Se genera una gran saturación produciendo colas de vehículos en cada acceso.



*Figura 63: Saturación de los accesos.*

Fuente: Propia

Al analizar cada solución propuesta, obtenemos que en cada una de ellas el nivel de servicio va mejorando, de igual manera la demora se reduce.

Tabla 58: Comparación de resultados.

	Situación Actual	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Max v/c Ratio	2.49	0.84	0.69	0.16
Interseccion Delay (s)	352.3	33.1	13.4	0.2
Intersection LOS	F	C	B	A

.Fuente: Propia

Finalmente, el nivel de servicio de la intersección mejora hasta A con la solución 3 y la demora se reduce considerablemente, de esta manera las grandes colas de vehículos se reducen.

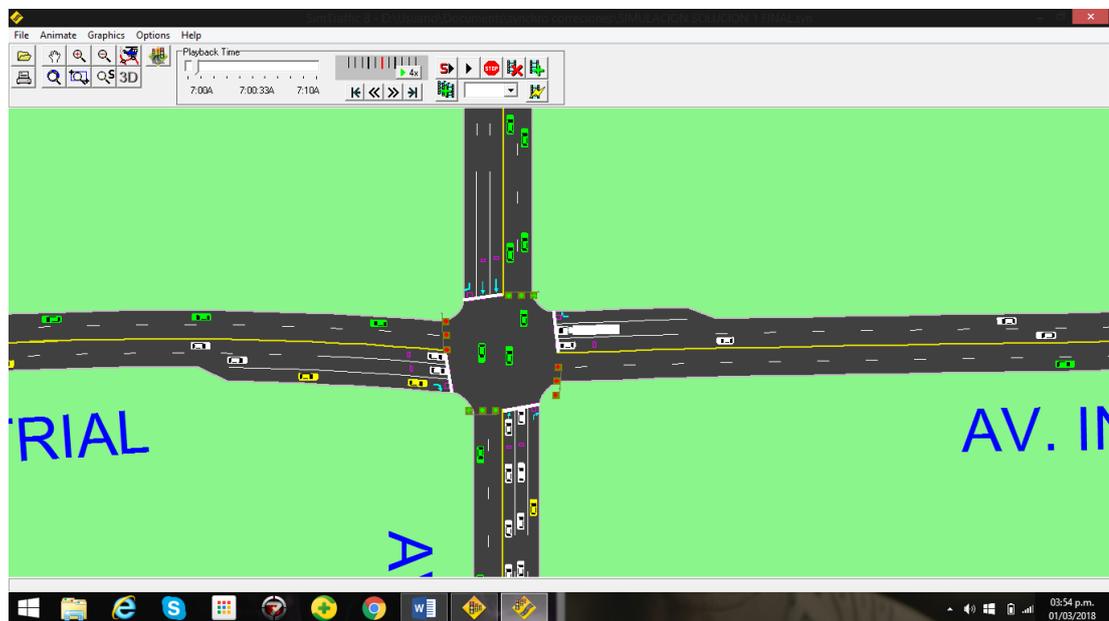


Figura 64: Saturación de los accesos con la solución 1.

Fuente: Propia

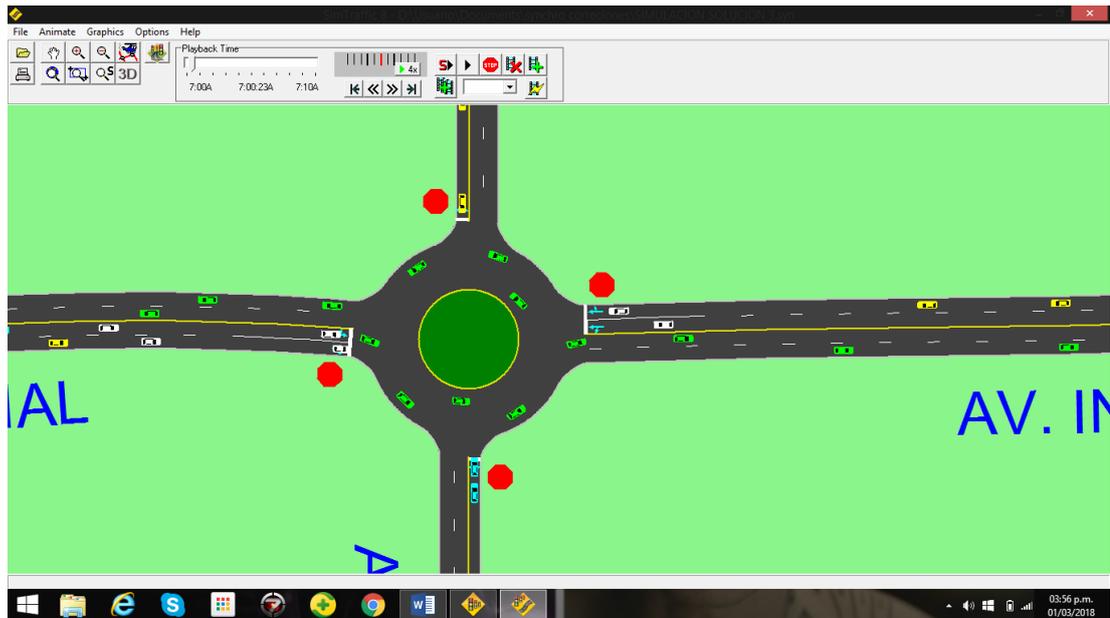


Figura 65: Saturación de los accesos con la solución 2.

Fuente: Propia.

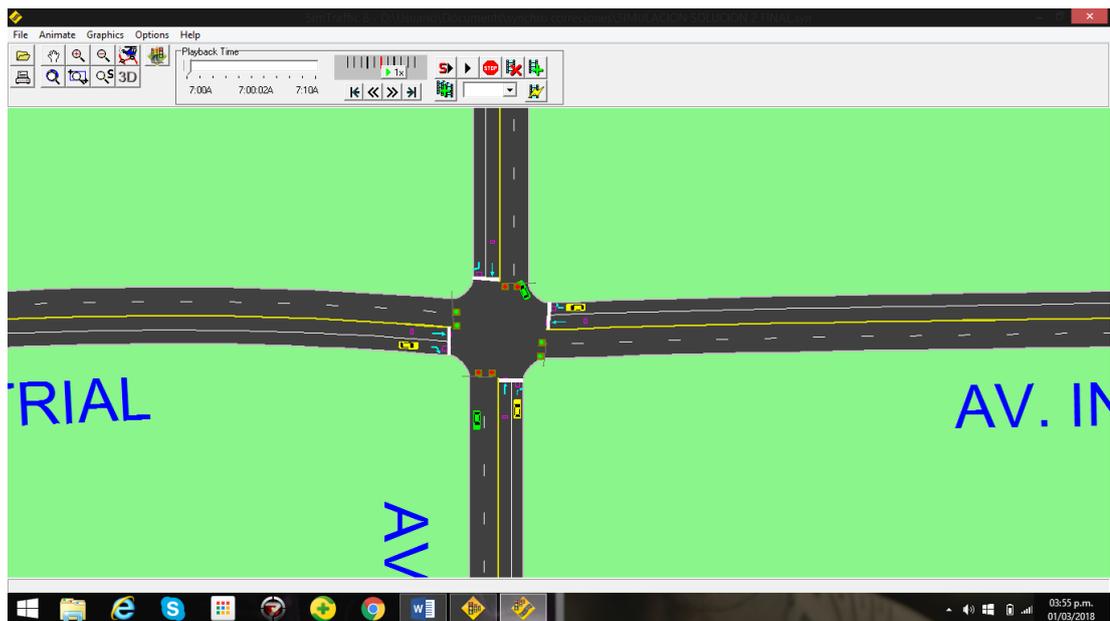


Figura 66: Saturación de los accesos con la solución 3.

Fuente: Propia.

Debemos resaltar que para la ejecución de la solución 2 y 3 se debe considerar el factor de crecimiento vehicular, en nuestro caso consideramos el valor de 1 que representa lo actual.

Para la realización de la solución 2 y 3 se debe considerar los siguientes estudios:

- Diseño geométrico en planta y perfil de las vías involucradas.
- Estudio de suelos.
- Estudio topográfico.
- Estudio hidrológico.
- Diseño de la estructura del pavimento.
- Calculo estructural del puente.
- Estudio de impacto ambiental.

## CONCLUSIONES

- Se logró optimizar el flujo vehicular en la intersección de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial, no solo con el aumento de carriles y mejorando la señalización, sino con las alternativas ya descritas.
- Se realizó el conteo vehicular, también se pudo observar que los accesos no contaban con una buena señalización horizontal, con lo cual se evaluó el comportamiento del tráfico vehicular mostrando en dicha intersección un alto flujo vehicular.
- Con los datos obtenidos del conteo vehicular, tiempo de semaforización y mediciones de carriles existentes, se pudo realizar la simulación de la situación actual en el programa Synchro v8 obteniendo un índice de servicio muy malo (F).
- Se propuso 3 alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto y la Av. Industrial, siendo la opción de menor costo la solución 1 pero con un nivel de servicio de C, las soluciones 2 y 3 muestran un mejor nivel de servicio, pero el costo para realizarlas es mucho mayor.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades pertinentes que, para solucionar los problemas de nivel de servicio, ya no es factible aumentar carriles o solo mejorar la señalización en la intersección, se debe realizar rotondas conjuntamente con intercambios viales.

Se recomienda a las autoridades pertinentes mejorar la señalización horizontal y vertical, hacer que esta se cumpla, realizar estudios constantes del crecimiento vehicular para conocer el flujo vehicular de la intersección.

Así como la intersección estudiada muestra un nivel de servicio muy malo (F), las demás intersecciones de nuestra ciudad donde exista un gran flujo vehicular mostraran un nivel de servicio parecido o igual, lo recomendable seria encargar a especialistas para que realicen los estudios de estas y proponer alternativas de solución.

Para poder mejorar el nivel de servicio se recomienda utilizar la solución 1 pero no de forma permanente, solo hasta poder ejecutar la solución 2 o la solución 3.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILÉS, C. (2017). *Microanálisis de los desplazamientos peatonales y vehiculares en las afueras del Hospital del Niño* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, San Miguel.

ANGASPILCO, C. (2014). *Nivel de Serviciabilidad en las Avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

ATC (Asociación Técnica de Carreteras, ES) 1987. Manual de Capacidad de Carreteras del original en inglés *Highway Capacity Manual*, Special report 209, ES.

BAYONA, B., MÁRQUEZ, T. (2015). *La congestión vehicular en la Ciudad de Piura* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura.

BLAIR, S., GUEVARA, D. (2012). *Evaluación del flujo vehicular en la intersección de la carrera 70 con la calle 9 por la construcción de una vía subterránea en el aeropuerto Enrique Olaya Herrera* (tesis de pregrado). Escuela de Ingeniería de Atioquia, Envigado.

Bazant S., J. (2010). Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana. *Espacio Abierto*, 19 (3), 475-503.

CAL y MAYOR R., R., & Cárdenas G., J. (2007). *Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. 8va Edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfaomega S.A.

CORASPE, L., MARSIGLIA, O. (2011). Análisis del flujo vehicular en las avenidas que convergen en la plaza de las Banderas (Avenida República, Avenida Menca de Leoni, Prolongación Paseo Orinoco y prolongación Avenida República) Ciudad Bolívar – Estado Bolívar.(tesis de pregrado). Universidad de Oriente, Ciudad de Bolívar.

DÍAZ, L. (2009). *Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona alemana a nuevo terrapuerto de Piura* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.

LEÓN, S. (2017). *Análisis del flujo vehicular en las intersecciones semaforizadas del centro de la ciudad de Pasaje* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala.

LÓPEZ, D. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes de la ciudad de Trujillo* (tesis de pregrado). Universidad nacional de Trujillo, Trujillo.

LLOPIS, J. (2012). *Análisis de los sistemas de gestión del tráfico mediante velocidad variable a la vía C-31N a la ciudad de Barcelona* (Tesis de pregrado). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

MARIN, J. (2014). *Análisis del tráfico vehicular usando visión artificial en la ciudad de San Juan de Pasto* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto.

MACHACA, A. (2016). *Análisis y diseño de un sistema de control de tráfico vehicular utilizando semáforos inteligentes con tecnología arduino* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno.

REYNA, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones* (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima.

RUIZ DE SOMOCURCIO, A. (2008). *Control de tráfico vehicular automatizado utilizando lógica difusa* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima.

SOTELO, J. (2010). *Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte* (tesis de postgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

SUÁREZ, L. (2007). *Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

THOMSON, I., BULL, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales, *Revista de la Cepal*, 76, 109-121.

VERA, F. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

ANEXOS

**ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**ANEXO 02: PLANO DE UBICACIÓN**

**ANEXO 03: PLANO DE FLUJO VEHICULAR**

**ANEXO 04: HOJAS DE CÁLCULO EXCEL**

**ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1: Autos que esperan cambio de semáforo Av. Industrial Salida.



Fotografía 2: Av. Industrial Salida.



Fotografía 3: Aforo Vehicular de la Av. Gustavo Pinto



*Fotografía 4: Flujo Vehicular de la intersección Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial*



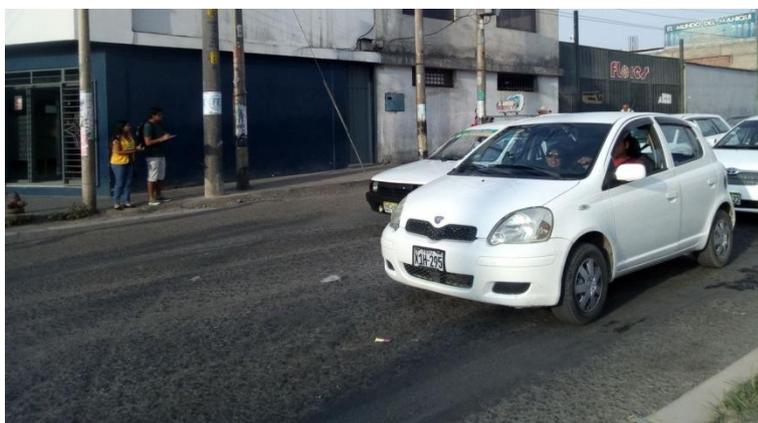
*Fotografía 5: Se aprecia una claro déficit*



*Fotografía 6: Señalización horizontal en pésimas condiciones.*



*Fotografía 7: Conteo vehicular de la Av. Industrial Entrada*



*Fotografía 8: Conteo Vehicular de la Av. Industrial Salida.*



*Fotografía 9: Conteo vehicular de la Av. Gustavo Pinto salida,*



*Fotografía 10: Conteo Vehicular Av. Gustavo Pinto Entrada.*



*Fotografía 11: Salida de buses cerca a la intersección.*



*Fotografía 12: La salida de buses cerca a la intersección genera caos, al ocupar los dos carriles.*

**ANEXO 06: COPIAS DEL CONTEO MANUAL**

**ANEXO 07: CAPITULO 4 DEL MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE  
VIAS URBANAS.**