Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Propuesta de semaforización para la disminución de los tiempos de espera de los vehículos en el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Alcázar en el distrito del Rímac

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Jhonny Jorge Daniel MOGOLLÓN MONTEVERDE

ASESOR

Gladys Giovanna MELGAREJO ESTREMADOYRO

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mogollón, J. (2022). *Propuesta de semaforización para la disminución de los tiempos de espera de los vehículos en el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Alcázar en el distrito del Rímac*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jhonny Jorge Daniel Mogollón Monteverde
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72452098
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25673529
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2062-2707
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Miky Gerónimo Ortiz Ramírez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25796803
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Antonio Durand Romero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09516593
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos estocásticos y simulación

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

Anexo 6

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA
(PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 08:44 horas del día domingo 24 de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador de Tesis:

Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez	(Presidente)
Mg. Luis Antonio Durand Romero	(Miembro)
Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación de la Tesis intitulada: PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS VEHÍCULOS EN EL CRUCE DE PROLONGACIÓN TACNA CON LA AVENIDA ALCÁZAR EN EL DISTRITO DEL RÍMAC, presentada por el señor Bachiller Mogollón Monteverde, Jhonny Jorge Daniel, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, el expositor mereció la aprobación ***Aprobado con mención BUENO*** con un calificativo promedio de: Quince (15).

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que el participante señor Bachiller Mogollón Monteverde, Jhonny Jorge Daniel, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Tesis, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 09:14 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.

PRESIDENTE
Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez

MIEMBRO
Mg. Luis Antonio Durand Romero

MIEMBRO-ASESOR
Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° -D-FCM/UNMSM del Trabajo de Suficiencia Profesional - TSP, cuyo título es: PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS VEHÍCULOS EN EL CRUCE DE PROLONGACIÓN TACNA CON LA AVENIDA ALCÁZAR EN EL DISTRITO DEL RÍMAC, presentado por el bachiller **Johnny Jorge Daniel Mogollón Monteverde** para optar el título de Licenciado en investigación Operativa, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 10% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI:25673529

Nombres y apellidos del asesor:
Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi madre, por su incondicional apoyo en toda mi etapa universitaria y siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I 2

1.1. Situación problemática 2
1.2. Formulación del problema 6
1.3. Objetivos 7
1.4. Justificación 8

CAPITULO II 9

2.1. Antecedentes 9
2.1.1. Historia del transporte en el Perú 9
2.1.2. Antecedentes Nacionales 10
2.1.3. Antecedentes Internacionales 13

2.2. Conceptos Teóricos de simulación 13
2.2.1. Sistemas 13
2.2.2. Simulación de sistemas 14
2.2.3. Tipos de modelación de trafico 14
2.2.3.1. Microscópicas 14
2.2.3.2. Macroscópicas 15
2.2.3.3. Mesoscópicas 15

2.3. Conceptos Teoricos de Tranporte 17
2.3.1. Semáforos 17
2.3.2. Intersecciones viales 19
2.3.3. Estudios necesarios de ingeniería de transito 22
2.3.4. Significado de las indicaciones 22

CAPITULO III 23

3.1. METODOLOGIA 23
3.1.1. Diseño metodológico 23

3.2. Recolección de información de campo 24
3.2.1. Definición del área de estudio 24
3.2.2. Equipo de trabajo a utilizar 26
3.2.3. Aforo Vehicular 27
3.2.4. Tiempos de los semáforos 28

3.3. Procesamiento de la información de campo 29
3.3.1. Videograbación 29
3.3.2. Aforo vehicular 29
3.3.3. Tiempo de ciclo de los semáforos 31

3.4. Construcción del modelo en Vissim, calibración y validación del proyecto 31
3.4.1. Ubicación de la zona geográfica en estudio 31
3.4.2. Definir tu área de estudio 32
3.4.3. Insertar los Links por donde pasaran los autos 32

..... 33
3.4.4. Datos de entrada de los vehículos 35
3.4.4.1. Definición de parámetros de la demanda vehicular 36
3.4.4.2. Definición de parámetros de intervalos de tiempo 36
3.4.5. Insertar los semáforos 37
3.4.6. Definir la programación de semáforos 39

3.2 Diseño muestral **41**
3.3. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información **42**
3.4. Procesamiento de la información **45**
CAPITULO IV ***49***
3.5. RESULTADOS DE LA SIMULACION **49**
3.5.1. Escenario Actual 49
3.5.2. Escenario generado N° 1 50
CONCLUSIONES ***54***
RECOMENDACIONES ***55***
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ***56***
ANEXOS ***57***

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Población migratoria a Lima (1940-2017) 2
Ilustración 2 Población migratoria a Lima (1940-2017) por departamento 3
Ilustración 3 Flujograma de Simulación Digital 16
Ilustración 4 Tipos de Intersección y Ángulos Fuente : Ministerio de Transporte (2018) 19
Ilustración 5 Tipos de Intersección a nivel Fuente : Ministerio de Transporte (2018) 20
Ilustración 6 Tipos de Intersección a desnivel Fuente : Ministerio de Transporte (2018) 22
Ilustración 7 Flujo vehicular del sistema 24
Ilustración 8 Ubicación de los semaforos en el Sistema 25
Ilustración 9 Zona de estudio del aforo vehicular 25
Ilustración 10 Celular con cámara utilizado 26
Ilustración 11 Ubicación del trípode 27
Ilustración 12 Panorama desde el punto de videograbación 29
Ilustración 13 Interfaz del programa PTV VISSIM 31
Ilustración 14 Zona geográfica del estudio 32
Ilustración 15 Interfaz del software - Opción para insertar Link 33
Ilustración 16 Interfaz del software - Opción para insertar Links 33
Ilustración 17 Interfaz del software - Opción para insertar Links 34
Ilustración 18 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos 35
Ilustración 19 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos 35
Ilustración 20 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos 36
Ilustración 21 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos 36
Ilustración 22 Interfaz del software - Insertar semáforos 37
Ilustración 23 Interfaz del software - Insertar semáforos 38
Ilustración 24 Interfaz del software - Insertar semáforos 38
Ilustración 25 Interfaz del software - Insertar semáforos 39
Ilustración 26 Interfaz del software - Insertar semáforos 39
Ilustración 27 Interfaz del software - Insertar semáforos 40
Ilustración 28 Interfaz del software - Insertar semáforos 40
Ilustración 29 Imagen de identificación para las vías del Sistema 43
Ilustración 30 Imagen de ubicación de los semáforos 45
Ilustración 31 Panorama del sistema captado 46
Ilustración 32 Programación de semáforos real 48
Ilustración 33 Distribución de los tiempos de semáforos en el software 49
Ilustración 34 Entrada de vehículos por hora 50
Ilustración 35 Tiempo de espera de los vehículos en el sistema 50
Ilustración 36 Tiempo de las fases del semáforo para el Escenario 1 51
Ilustración 37 Tiempo de espera de los vehículos en el sistema 51
Ilustración 38 Tiempo de espera en la Situación Real vs Escenario 1 52
Ilustración 39 Tiempos de espera de los vehículos; Situación Real vs Escenario 1 53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aforo vehicular desde V2 28
Tabla 2 Aforo vehicular desde V3 28
Tabla 3 Tiempo de los semáforos 28
Tabla 4 Aforo vehicular desde V2 - Semana 1 30
Tabla 5 Tabla de identificación de las vías del Sistema..... 42
Tabla 6 Formato de registro para flujo vehicular..... 43
Tabla 7 Tabla de flujo de vehículos desde V2 44
Tabla 8 Tabla de tiempo de fases del semáforo 45
Tabla 9 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 1 57
Tabla 10 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 2 58
Tabla 11 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 3 59
Tabla 12 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 4 60
Tabla 13 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 1 61
Tabla 14 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 2 62
Tabla 15 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 3 63
Tabla 16 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 4 64

RESUMEN

PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS VEHICULOS EN EL CRUCE DE PROLONGACION TACNA CON LA AVENIDA ALCAZAR EN EL DISTRITO DEL RIMAC

JHONNY JORGE DANIEL MOGOLLON MONTEVERDE

JULIO 2022

Asesora : Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremaydoro

Titulo Obtenido : Licenciado en Investigación Operativa

La investigación planteada permitió verificar que la Simulación puede ser usada como herramienta de verificación de escenarios. Los resultados del estudio permitieron definir cuáles deberían ser las programaciones de tiempo para los semáforos de un cruce conocido en Lima de acuerdo con una franja horaria, que permitiría disminuir la demora de tránsito en horas punta.

Se plantearon 2 escenarios alternos al real, en cada uno de ellos presentaba el mismo aforo vehículos, al elaborarse las variaciones en las programaciones de los semáforos se pudo obtener que puede haber una mejora del 50% en la demora de los moviles que cruzan la intercepción, permitiendo así un ahorro en costos sociales y monetarios.

Palabras clave: Simulación de trafico, PTV Visim, semáforos

ABSTRACT

SIMULATION FOR EFFICIENT SEMAFORIZATION AT THE INTERSECTION OF TACNA EXTENSION WITH ALCAZAR AVENUE

JHONNY JORGE DANIEL MOGOLLON MONTEVERDE

July 2022

Adviser : Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremaydoro

Degree Obtained : Bachelor of Operation research

The proposed research allowed us to verify that Simulation can be used as a scenario verification tool. The results of the study made it possible to define what the time schedules should be for the traffic lights of a known intersection in Lima according to a time zone, which would reduce traffic delays during rush hours.

Two alternative scenarios to the real one were proposed, each of them presented the same vehicle capacity. When the variations in the traffic light programming were elaborated, it was possible to obtain that there could be a 50% improvement in the delay times of the vehicles that cross. said interception, thus allowing savings in social and monetary costs.

Palabras clave: Simulación de trafico, PTV Visim, semáforos

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las ciudades del mundo se hace cada vez más notorio un problema que afecta a muchas personas; La congestión del tráfico. La necesidad surge a partir de que en horas de mucho movimiento se generan aglomera miento de vehículos debido a que los tiempos de la mayoría de los semáforos se mantiene constante durante el día, problema que se ha vuelto muy relevante porque que cada vez la calidad de vida de las personas disminuye debido a este problema, generando estrés, problemas de salud, y un gasto para las familias. Esto se ve reflejado en el ambiente laboral, social y familiar de las personas. El objeto de este proyecto es simular y disminuir los tiempos de espera con los datos recolectados del número de vehículos que circulan por el cruce de Prolongación Tacna con la Avenida Alcázar, después con la ayuda de un software de simulación se va obtener los escenarios adecuados para programar los semáforos con los tiempos adecuados. El objetivo del presente estudio es realizar una metodología para disminuir la congestión que existe para atravesar dicho cruce, para ello se simulara y se obtendrá el tiempo adecuado para los semáforos. Se contrasto el escenario actual con los escenarios, para esto se usó la Simulación, se hace uso de la simulación porque podemos recrear una realidad esperada en base a los datos recolectados

La organización de la tesis es :

• En el primer capítulo, denominado "El Problema", se presentan los antecedentes, la definición del problema, la justificación, así como el alcance y las limitaciones del estudio.
• El segundo capítulo, titulado "Marco teórico", abarca los antecedentes del problema, las bases teóricas, la formulación de hipótesis, los sistemas de variables y los objetivos de la investigación.
• El tercer capítulo, "Materiales y Metodología para el estudio de campo", se centra en la descripción de los materiales utilizados y la metodología aplicada en el estudio de campo, incluyendo la realización de pruebas de hipótesis correspondientes.
• Los capítulos cuarto y quinto, "Resultados" y "Conclusiones", respectivamente, se dedican a la presentación, análisis y aportes de los hallazgos obtenidos durante la investigación.

CAPITULO I

1.1. Situación problemática

La ciudad de lima se volvió el centro del país desde hace muchísimas décadas, y la ciudad con el tercer peor tráfico del mundo (Forum, 2018) La migración de diversos puntos del país generó una sobrepoblación en la ciudad que estaba construida y organizada sus vías incluso las redes viales de tráfico para un número menor de personas, este movimiento migratorio a la ciudad de lima lo podemos ver reflejado en el siguiente grafico que detalla desde 1940 hasta el último censo realizado en el año 2017 (INEI, 2021)

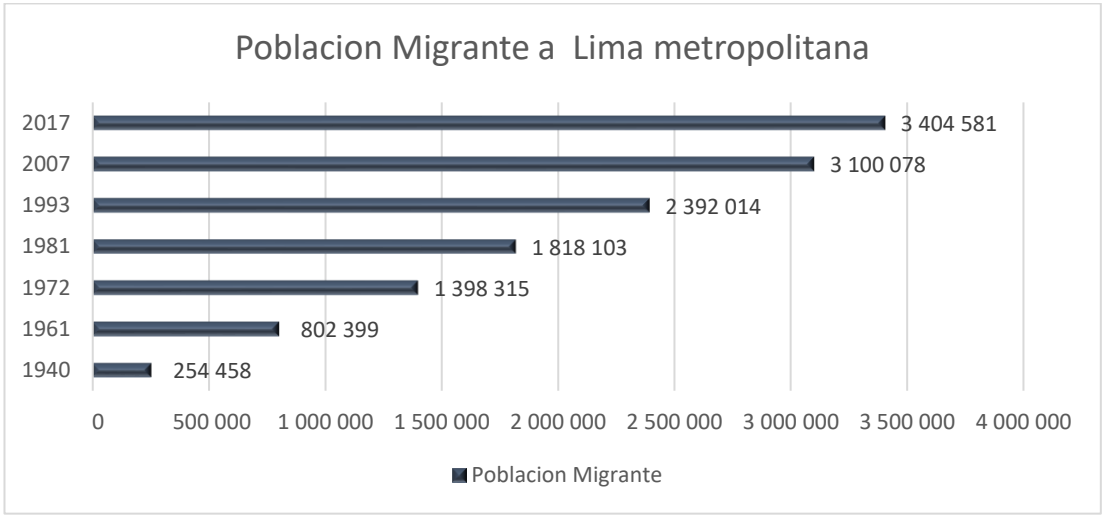


Ilustración 1 Población migratoria a Lima (1940-2017)
Fuente: Elaboración propia

Esta población migrante en su mayoría es proveniente de los siguientes departamentos y provincias de lima, el mayor movimiento migratorio se dio por parte de Ancash el cual representa el 17% de la población inmigrante a Lima

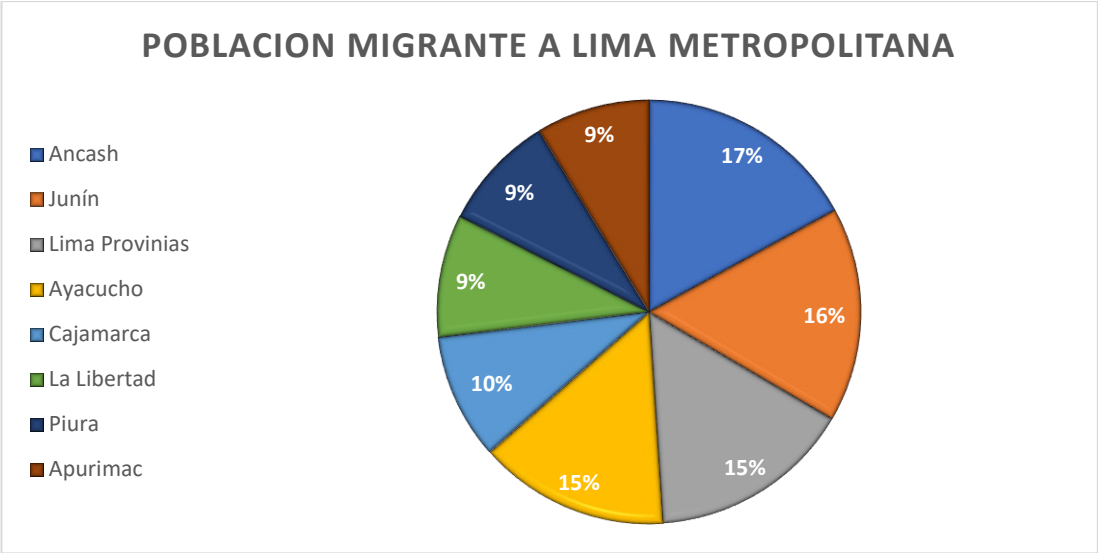
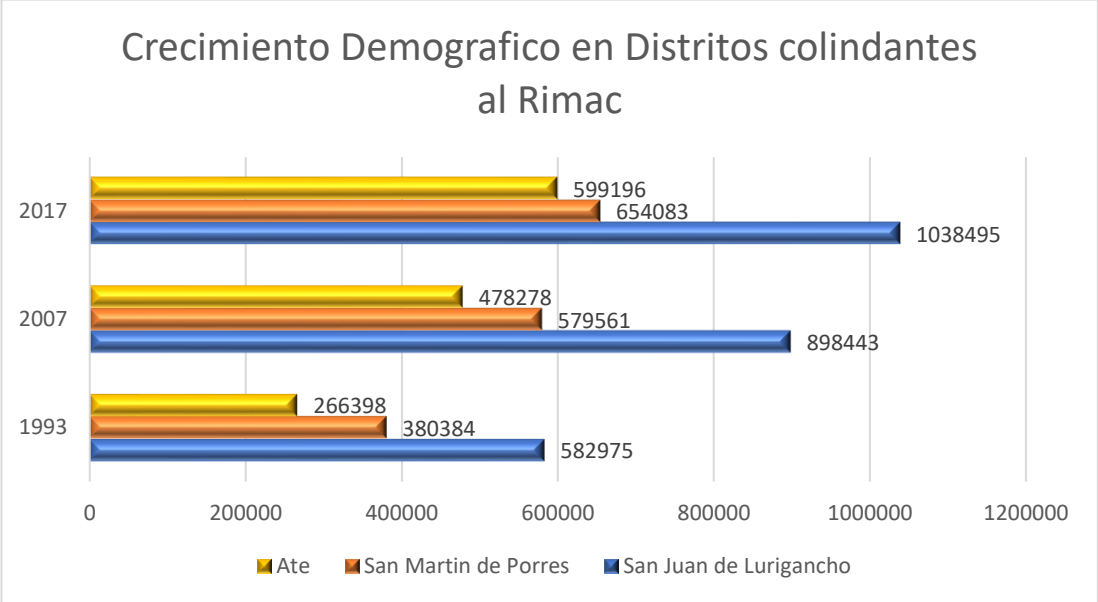


Ilustración 2 Población migratoria a Lima (1940-2017) por departamento

Fuente: Elaboración propia

El movimiento migratorio que presento la ciudad de lima fue más intenso en algunas regiones de la ciudad estos lugares son colindantes a la zona de estudio y presentan el mayor número de habitantes en los censos como se muestra en el gráfico.

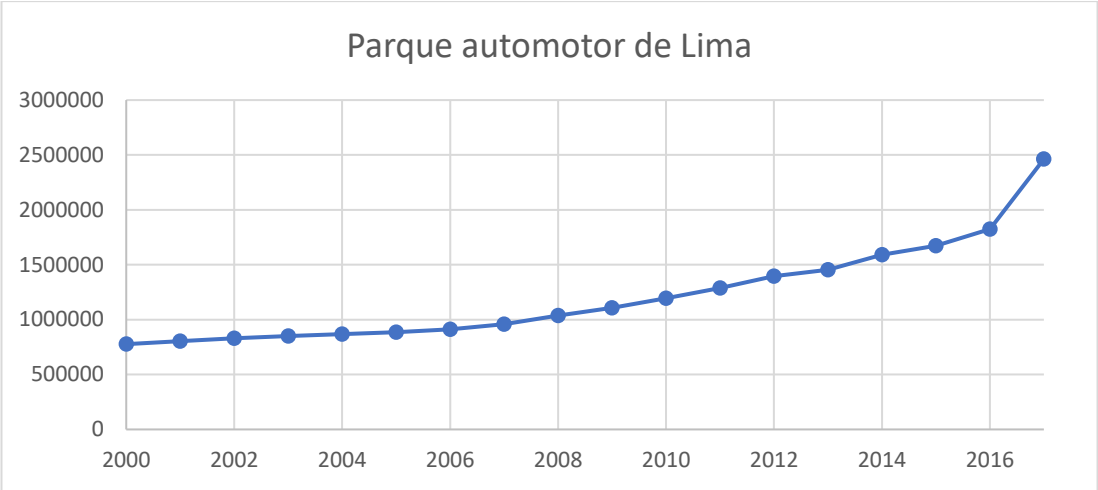


El aumento del Parque Automotor Nacional y en Lima fue creciendo como una de las consecuencias del movimiento migratorio como se puede observar en la siguiente tabla, podemos observar el porcentaje de crecimiento del parque automotor a nivel Nacional y en la ciudad de Lima

PARQUE AUTOMOTOR					
NACIONAL			LIMA		
AÑO	CANTIDAD	Crecimiento	AÑO	CANTIDAD	Crecimiento
2000	1162859	-	2000	776820	-
2001	1209006	4%	2001	802748	3%
2002	1342173	10%	2002	829214	3%
2003	1461878	8%	2003	851360	3%
	1507263	3%	2004	866881	2%
2005	1613694	7%	2005	885636	2%
2006	1675694	4%	2006	912763	3%
2007	1766178	5%	2007	957368	5%
2008	1904719	7%	2008	1036850	8%
2009	2030320	6%	2009	1106444	6%
2010	2183278	7%	2010	1195353	7%
2011	2616637	17%	2011	1287454	7%
2012	2999223	13%	2012	1395576	8%
2013	3279552	9%	2013	1453028	4%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Parque automotor de Nacional, Lima y Provincias
Elaboración: Autor de la Tesis

En el siguiente cuadro podemos observar solo el crecimiento del parque automotor de Lima, siendo el mayor presentado en el año 2017, el cual presento un incremento del 25.9%



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Parque automotor de Lima (2000-2017)
Elaboración: Autor de la Tesis

El crecimiento del parque automotor desordenado y sin control debido a las políticas establecidas en los años 90 en el Peru y Lima, fue la causa para el congestionamiento que radica ya ahora en toda la ciudad, generando así malestar en las personas que transitan la ciudad todos los días, esto también conlleva a focos de delincuencia en los lugares donde se detienen los vehículo y a problemas de salud, lo cual tiene repercusiones indirectas en el ambiente laboral y familiar de los ciudadanos.

Recién los últimos años se han querido adoptar reformas de transporte para poder suplir la necesidad de transportarse rápido de las personas, y creando entidades públicas que ayuden a mantener el orden en las vías y evitar el transporte informal.

El transporte debería ser fluido a todas horas del día, este tiene que ser controlado y medido con el paso del tiempo para poder ajustar las variables necesarias a la demanda de vehículos que exista.

El avance de la tecnología nos ha permitido el uso de softwares de simulación, que nos ayudan a recrear muchas situaciones de la realidad, en nuestro caso, haremos uso del software Vissim, un software de transporte, este nos permitirá tener escenarios adecuados donde el tiempo de espera y flujo de vehículos por la intersección en estudio sea constante y el mas adecuado

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cómo disminuir el tiempo de espera de los vehículos que transitan por el cruce de la Avenida Samuel Alcázar y Prolongación Tacna en los horarios de mayor congestión en la mañana?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento de la demanda de vehículos en el cruce de Prolongación Tacna y la avenida Samuel Alcázar?

- ¿Cómo son los ciclos de los semáforos en el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Alcázar en horas de la mañana?

- Como simular el de tráfico de vehículos en el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Samuel Alcázar

- ¿Cómo obtener la programación adecuada para disminuir el tiempo de espera de los vehículos que transitan por el cruce de Prolongación Tacna con la Avenida Alcázar en las horas de mayor congestión en hora de la mañana*?*

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Disminuir el tiempo de espera de los vehículos que atraviesan el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Samuel Alcázar

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la demanda de vehículos para el cruce de Prolongación Tacna y la avenida Samuel Alcázar para cada una de las avenidas

- Determinar si los tiempos del ciclo fijos de los semáforos en el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Samuel Alcázar son los adecuados para la demanda variable de los vehículos por franjas horarias

- Recrear el escenario de flujo vehicular modelándolo en el software PTV Vissim

- Determinar la programación de semáforos por franjas horarias adecuada para el cruce de Prolongación Tacna con la avenida Samuel Alcázar que permita disminuir el tiempo de espera de los vehículos al transitar dicha zona

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Con el trabajo de investigación se difundirá el uso de la simulación continua de tráfico ya que la herramienta nos permite recrear y/o modelar escenarios durante intervalos de tiempo de mayor congestión con los parámetros y variables que la componen, método que no es estudiado en el pregrado de la carrera de Investigación Operativa

1.4.2. Justificación Practica

Siendo el problema de trafico un problema de interés local y regional que además conlleva a muchos problemas secundarios como, problemas de salud, robos al paso, entre otros, con la presente investigación se propone una programación de horarios que beneficiaría a muchas personas que padecen tiempos de espera prolongados para llegar a sus centros de trabajo o retornar a sus domicilios.

1.4.3. Justificación Metodológica

El presente trabajo de investigación contribuye a establecer una metodología para simular y modelar el tráfico mediante el uso de del software PTV Vissim con el fin de disminuir la congestión de tráfico, la misma que podrá ser aplicada en distintos puntos de la ciudad.

CAPITULO II

Para comprender el siguiente estudio se presenta algunas investigaciones relacionadas, las bases teóricas y los conceptos involucrados:

2.1. Antecedentes

2.1.1. Historia del transporte en el Perú

En la década de los 90, el sistema de transporte en Perú experimentó cambios significativos impulsados por la liberalización y desregulación, reflejando la adopción de un nuevo modelo económico desde 1991.

Estas medidas tenían como objetivos facilitar el acceso a rutas de transporte, adquirir vehículos a bajo costo y obtener licencias de conducir profesionales con requisitos más flexibles. Esto se materializó a través de diversos dispositivos legales.

- Como el Decreto Legislativo 640 (junio de 1991), que estableció la libertad de rutas y permisos en el transporte interprovincial de pasajeros.

- Decreto legislativo 640(publicado el 25 de junio de 1991), el mismo que estableció la libertad de rutas y permisos de operación en el servicio de transporte interprovincial de pasajeros

- Asimismo, el Decreto Legislativo 651 (julio de 1991) permitió el libre acceso a las rutas del transporte urbano e interurbano, eliminando restricciones administrativas y legales. Además, el Decreto Ley N° 25789 (octubre de 1992) y los Decretos Legislativos 842 y 843 (agosto de 1996) posibilitaron la importación indiscriminada de vehículos usados, con un tratamiento tributario preferente que resultó en la entrada de vehículos técnicamente inapropiados, como el "Timón cambiado."

- El Decreto Supremo N° 015-94-MTC (junio de 1994) redujo las exigencias para obtener licencias de conducir, modificando requisitos y diseñando un procedimiento de evaluación más flexible.

Las consecuencias de estas medidas se reflejaron en indicadores que explican la situación actual del transporte en Perú, como el aumento del parque automotor de 605,550 vehículos en 1990 a 1´349,510 en 2005, con un crecimiento del 100% en 15 años. Sin embargo, el crecimiento demográfico fue solo del 23%, el PIB aumentó en un 25%, y la infraestructura vial asfaltada llegó solo al 13% de la red total.

Adicionalmente, se observó la obsolescencia progresiva del parque automotor, ya que aproximadamente el 80% de los vehículos se incorporaron como usados. Entre 1990 y 2003, más de 46,000 personas fallecieron en accidentes de tránsito, y se registró un aumento en la contaminación ambiental e enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la tesis de Ledesma I. (2016) "**Influencia del diseño de un Sistema de lineas de espera aplicado en los semaforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo-Junin para la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016**" presenta el caso del congestionamiento vehicular en la intersección de las calles Ancash y Libertad, esta intersección tiene una demanda alta de vehículos lo cual genera molestia en las personas porque tiene un sistema de semáforos el cual es muy rígido para su realidad, ya que la capacidad de sus pistas es menor a la capacidad de vehículos que transitan por dicha intersección. Se busca también como influencia el sistema actual y como podría mejorarse mediante la simulación para obtener propuestas de escenarios que ayuden a mejorarla

La tesis es muy clara puesto que este problema es de carácter global por el incremento de el parque automotor en varias ciudades y esto genera desorden, estrés, costos y contaminación al medio ambiente. Se observaron

mejoras en el proceso de entrada, salida y el mecanismo de servicio con el uso del software de Simulación Synchro fue lo que permitió mejorar en un 10.86% el flujo de entrada de vehículos en la intersección en estudio, también permitió mejorar el flujo de salida de vehículos en un 12.44%, por lo tanto, esto lleva a una mejora de la movilidad vehicular , evitando las demoras en las intersecciones, aunque un par de segundos parece no tener relevancia, la acumulación de estos tiempos tiene un gran impacto económica y ambientalmente.

En la tesis de Medina D. (2015) "**Implementación de un algoritmo genético para la optimización de flujo vehicular aplicado a la fase de tiempos en las intersecciones de un corredor vial**", busca implementar un algoritmo genético para la minimización del tiempo de demora total en un corredor vial a través de la optimización de los ciclos de los semáforos, esto de igual manera busca regular la congestion que se genera por la demanda de vehículos en las avenidas a determinadas horas, en el presente caso de la Ciudad de Lima indica el autor que se justifica socialmente su investigación por el aumento en el parque automotor de la ciudad de Lima en los últimos años y esto conlleva a un problemática mayor en la población al momento de viajar, donde se presentan situaciones de estrés o de ansiedad y dismininucion de la calidad de vida, el algoritmo genetico se programara en el software NetBeans 8.0 y se hará el uso de SPSS para el análisis estadístico de la data, la aplicación de NetBeans y SPSS en la implementación del algoritmo permitió minimizar el tiempo total de espera en el corredor vial

Agustín. R (2016) nos presenta en su tesis el estudio de una intersección ubicada en un distrito de Pueblo Libre el autor pretender evaluar las condiciones de los usuarios y presentar propuestas de mejoras a la situación actual. En el presente estudio se hizo uso del Software VISSIM 6 que es un programa para la simulación del trafico vehicular de manera microscópica o macroscópica y de esta manera replicar una situación de la realidad y una situación de trafico que deseamos, una de las propuestas del autor es optimizar el ciclo de los semáforos y la segunda propuesta consiste en

redistribuir el flujo vehicular, para comprobar estos resultados hizo uso de pruebas estadísticas El autor nos indica que después del análisis de sus variables de medición: Longitud de cola, Velocidad de Viaje y Demora de Viaje una de las propuestas de mejora es hacer un cambio del ciclo del semáforo actual que presenta de la siguiente manera :

	Verde	**Ámbar**	**Rojo**
Av. Bolívar	41	3	68
Córdova	29	3	44
Andalucía	25	3	76

La propuesta de mejora para la modificación del ciclo de los semáforos según el autor es la siguiente

	Verde	**Ámbar**	**Rojo**
Av. Bolívar	21	3	41
Córdova	28	3	24
Andalucía	17	3	45

En la segunda propuesta de mejora con respecto al flujo vehicular redistribuido se obtuvo una disminución en las longitudes de la cola de vehículos en metros

2.1.3. Antecedentes Internacionales

En la tesis de (Gonzalo J. y Jaramillo R., 2012) **"Semaforización Inteligente: Adquisición de datos e implementación de control difuso en tiempo real para la optimización del flujo en la ciudad."** El proyecto "Semaforización Inteligente" consiste del diseño e implementación de un sistema automático de control vehicular en dos de las intersecciones más afluidas y críticas de la ciudad de Quito. El cual hace uso de un controlador programado con Matlab que detecta el movimiento de los vehículos y en base a estos controlar el tiempo de los semáforos para así evitar aglomeración de vehículos y mejorar el flujo en dichas intersecciones

En el proyecto de titulación (Almonacid O., 2017) **"Simulación digital de trafico para Intersecciones señalizadas por semáforo, bajo ambiente tridimensional"** nos habla de la construcción de una aplicación que nos permita hacer simulaciones tridimensionales de flujo de trafico, el cual permitirá a la persona que haga uso, hacer análisis tanto microscopicos y mesoscópicos del comportamiento de los vehículos en alguna intersección semaforizada, este trabajo aporta una herramienta para la simulación de tiempos de semáforos donde se puede variar los parámetros a necesidad de la via y tomar decisiones sobre el control del trafico bajo un sustento técnico y no aventurar en decisiones equivocadas que tengan resultados costosos.

2.2. Conceptos Teóricos de simulación

2.2.1. Sistemas

Es un conjunto organizado de cosas o partes que interactuar y son interdependientes entre si formando un todo

2.2.2. Simulación de sistemas

Conforme a la perspectiva de Pacheco (2015), la simulación constituye un proceso que abarca el análisis, diseño y desarrollo de un modelo representativo de un sistema real, con el propósito de comprender y explicar su comportamiento. El concepto de simulación abarca diversas soluciones para una variedad de propósitos. A modo de ilustración, podríamos mencionar que un modelo a escala de un avión, introducido en una cámara donde se simula un flujo de aire, tiene la capacidad de replicar los efectos que experimentaría un avión real al enfrentarse a turbulencias.

Adicionalmente, es importante destacar que la simulación no solo se limita a la reproducción de fenómenos físicos, sino que también se extiende a la comprensión y análisis de sistemas complejos, proporcionando una herramienta valiosa para la toma de decisiones, el diseño eficiente y la optimización de procesos en diversos campos, desde la ingeniería hasta la gestión empresarial.

2.2.3. Tipos de modelación de trafico

La modelación presenta puntos de vista para poder observar un sistema el cual desea ser modelado, estos pueden ser;

2.2.3.1. Microscópicas

La simulación microscópica se refiere a un enfoque de modelado que facilita la comprensión y la representación del comportamiento individual de entidades específicas en una región específica. A medida que se profundiza en el estudio, se incrementa la cantidad de variables que inciden en el sistema. Estas simulaciones requieren que cada entidad sea consistente y tenga baja entropía, ya que un aumento en el número de entidades conlleva a un entorno más caótico e inestable.

2.2.3.2. Macroscópicas

A diferencia de la simulación microscópica, este tipo de simulación no precisa de tantos parámetros para poder simular, a pesar de la escases de información de las características individuales de los entes en estudio, se logra a través de los promedios dar solución al problema, el de simular un flujo de tráfico vehicular de manera genérica, a pesar de ellos es necesario tener información de cual sustentarse, esta parte de un estudio microscópico, para poder obtener los valores promedios.

2.2.3.3. Mesoscópicas

Según (Arrieta, 2013), Los modelos mesoscópicos abarcan características de los modelos microscópicos y macroscópicos donde son considerados los volúmenes de vehículos como una unidad y los comportamientos de giro, tiempo de entrada y salida son determinados de mnera singular según el mecanismo simulado.

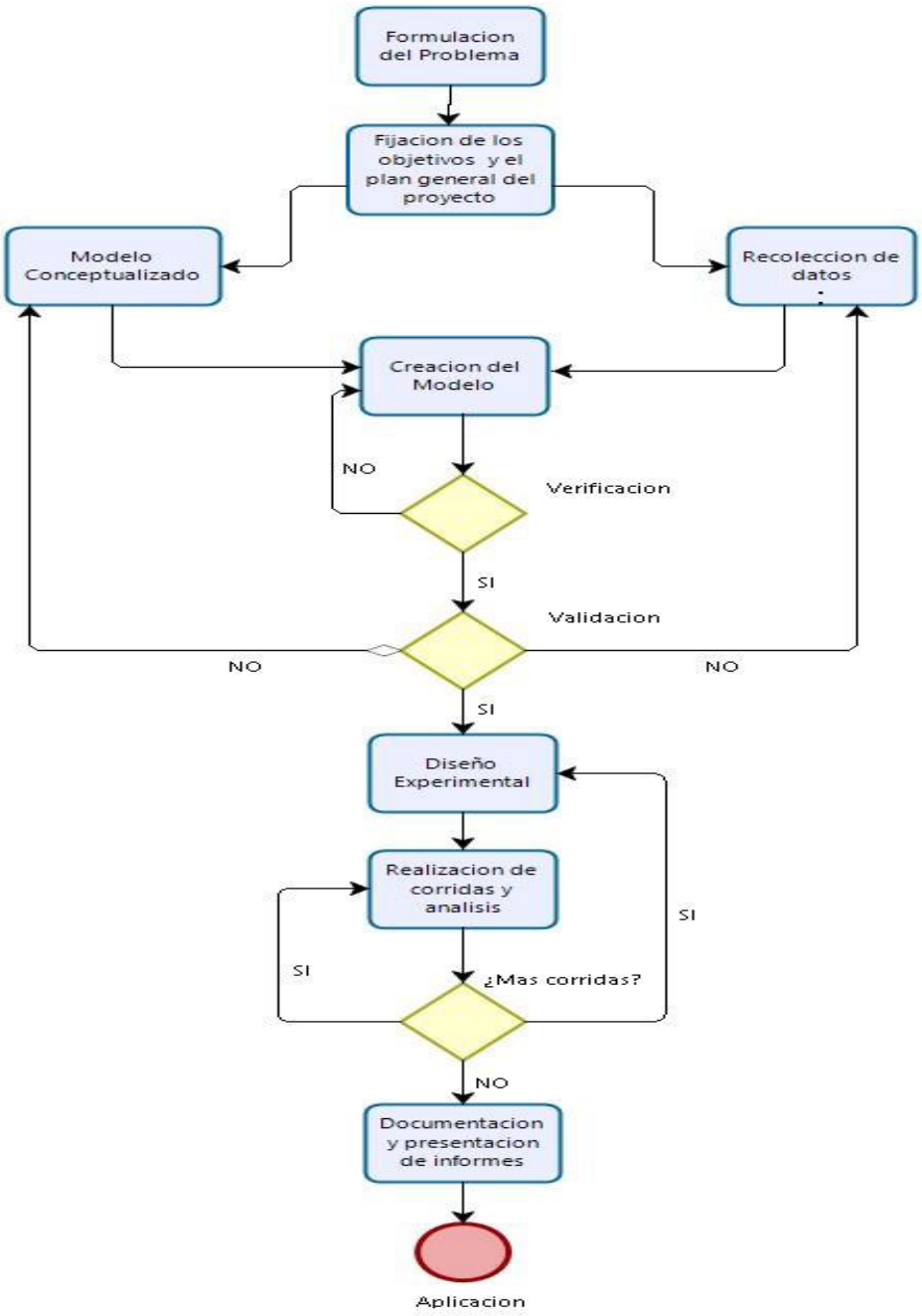


Ilustración 3 Flujograma de Simulación Digital

Nota: Elaboración Propia con Bizagi

2.3. Conceptos Teoricos de Tranporte

2.3.1. Semáforos

Según (SUTRAN, 2015) Los semáforos son dispositivos de control que nos permiten regular el movimiento de los vehículos y de los peatones en las calles y carreteras, por medio de las luces de color rojo, amarillo y verde, estas unidades son operadas por una unidad de control

2.3.1.1. Características de los semáforos

Significado de los colores

A) VERDE

1. Los conductores de vehículos que observen esta luz en los semáforos podrán avanzar defrente o girar hacia los lados

2. Los peatones que observen la luz verde en los semáforos podrán caminar por el paso peatonal por la via

B) ROJO

1. Los conductores de vehículos que observen la luz roja en los semáforos tiene que detenerse antes del paso peatonal, y en caso no cuente con este se tiene que detener antes de la intersección

2. Los peatones que observen la luz roja en los semáforos tienen que detenerse hasta que cambie a luz verde

C) AMBAR O AMARILLO

1. Esta luz advierte a los conductores de los vehículos que habrá un cambio de luz que puede ser a rojo o al color verde

2. Esta luz advierte a los peatones que no dispondrá de mucho tiempo para cruzar el paso peatonal

2.3.1.2. Definiciones del semáforo

D) Intervalo

Periodo de tiempo donde no cambian la luces del semáforo

E) Fase

Consiste en el tiempo asignado a un color del semáforo pudiendo ser el color; Rojo amarillo y verde

F) Ciclo

Consiste en la completa duración de las fases de un semáforo

2.3.1.3. Tipos de semáforos

En la actualidad contamos con 3 tipos de semáforos los cuales son

Semáforos Pre – Programados

Estos semáforos son aquellos que el tiempo de sus ciclos están previamente establecidos mediante un sondeo y son muy usados en intersecciones sencillas donde el flujo vehicular es constante

Semáforos Accionados por el transito

Estos semáforos son accionados por sensores de vehiculos, sus tiempos pueden variar y son usados en países desarrollados

Semáforos Adaptivos

Este tipo de semáforos pertenecen a los sistemas inteligentes de semaforización y son usados para solucionar crisis vehiculares

2.3.2. Intersecciones viales

Según (MTC, 2018) las intersecciónes viales, “depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía” esto quiere decir que varia de acuerdo a la capacidad de las vías o al flujo vehicular, estas también puede ser a nivel o desnivel

Intersecciones a nivel

Para realizar intersecciones a nivel se considera el numero de ramales que convergen en algunas de ellas, se presentan en la siguiente imagen las característica que tienen que cumplir

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60º y 120º
En Y	tres	< 60º y >120º
En X	cuatro	< 60º
En +	cuatro	>60º
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Ilustración 4 Tipos de Intersección y Ángulos
Fuente : Ministerio de Transporte (2018)

En la siguiente imagen se podrá ver los tipos de intersecciones que existen

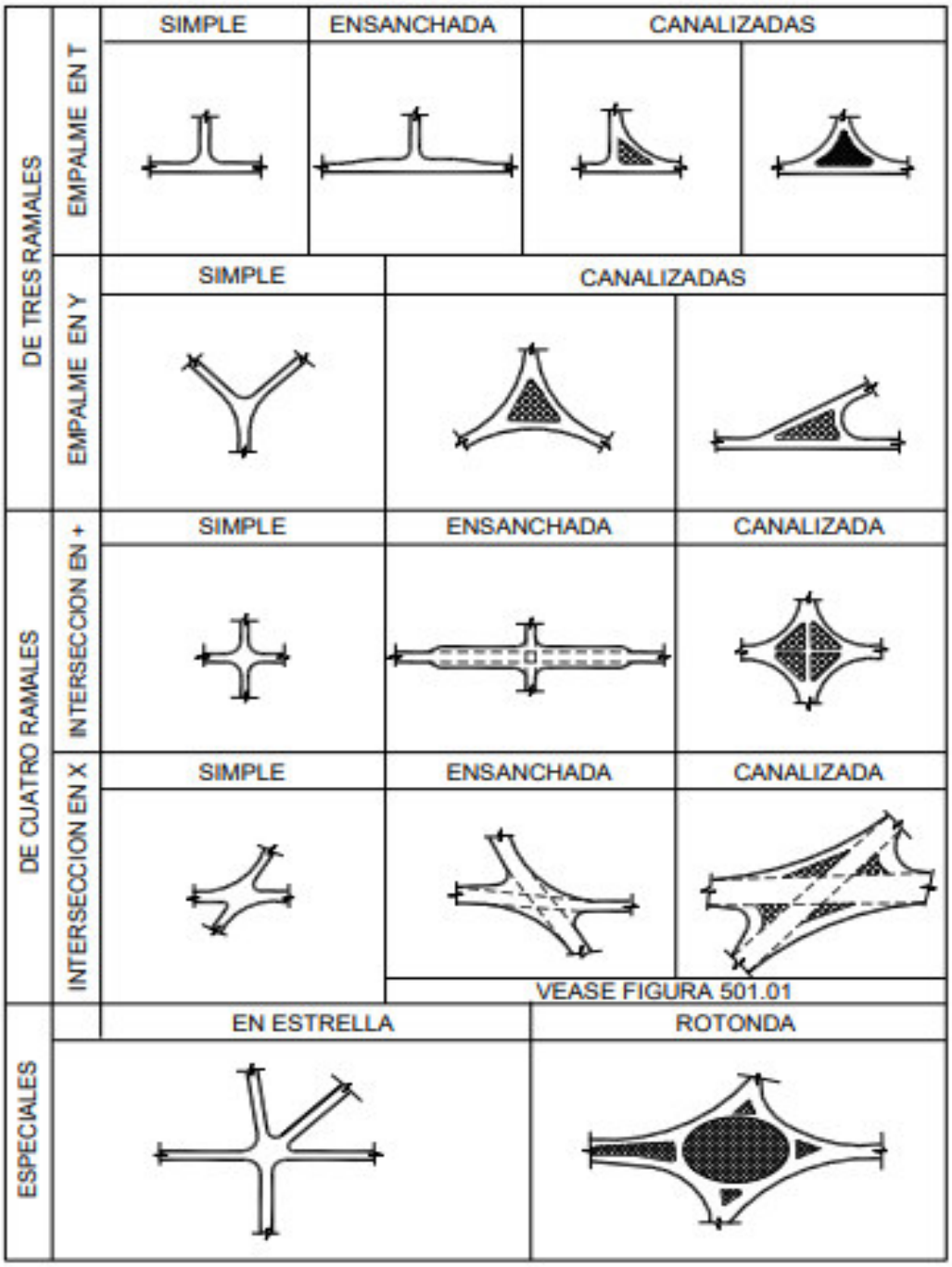


Ilustración 5 Tipos de Intersección a nivel
Fuente : Ministerio de Transporte (2018)

Criterios generales

Según MTC (2018) para el diseño de una intersección simple y segura hay criterios los cuales se deben considerar en su elaboración

- Preferencia de los movimientos más importantes
- Reducción de las áreas de conflicto
- Perpendicularidad de las intersecciones
- Separación de los movimientos
- Canalización y puntos de giro
- Visibilidad

Según MTC (2018) "La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección", esta variable debe considerarse en las condiciones actuales y para las condiciones futuras que presente dicha intersección

Intersecciones a desnivel

Según MTC (2018) "Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes"

En el siguiente grafico podemos observar los tipos de Intersecciones a desnivel que existen

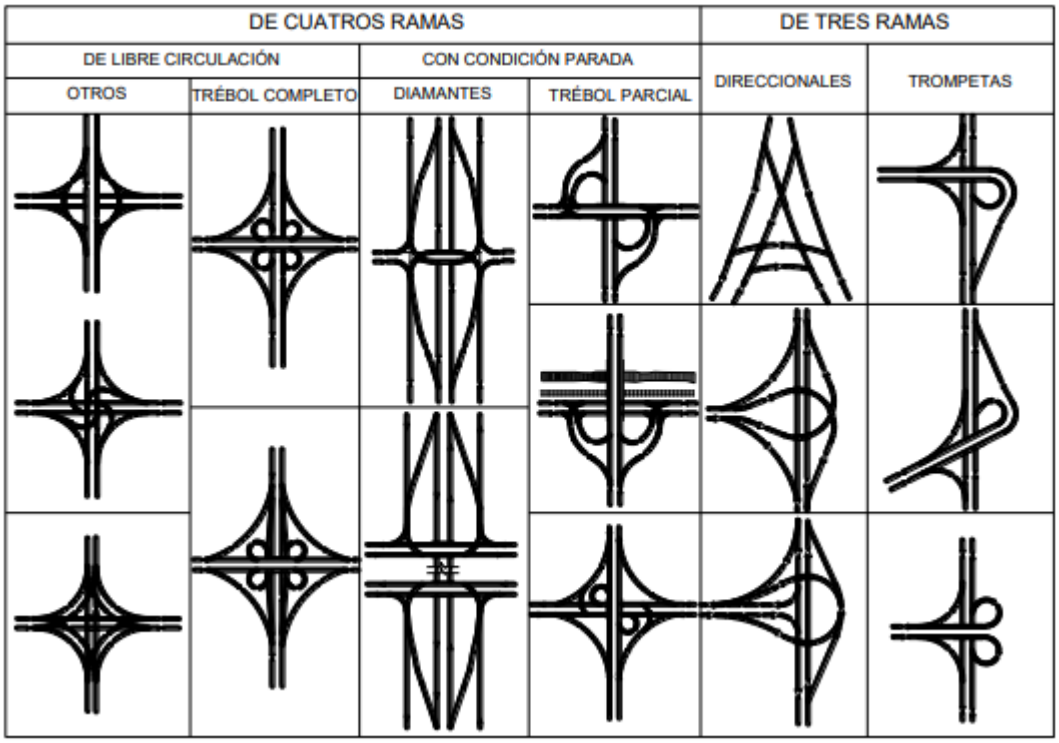


Ilustración 6 Tipos de Intersección a desnivel
Fuente : Ministerio de Transporte (2018)

2.3.3. Estudios necesarios de ingeniería de transito

Se debe realizar un estudio previo de las condiciones de la intersección y de las condiciones del flujo vehicular, para determinar si es necesario la instalación de un semáforo y proporcionar los datos necesarios para su adecuada operación y diseño

2.3.4. Significado de las indicaciones

Las lentes de los semáforos para el control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, éstas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro. Las lentes de las caras de un semáforo deberán preferiblemente formar una línea vertical. El rojo debe encontrarse sobre la parte alta, inmediatamente debajo debe encontrarse el amarillo y el verde de último.

CAPITULO III

3.1. METODOLOGIA

3.1.1. Diseño metodológico

La investigación tiene un enfoque aplicativo y se centra en analizar el tiempo de tránsito de vehículos en una intersección con cuatro semáforos, ubicada en el distrito del Rímac. Para lograr una mayor fluidez del tráfico, se llevó a cabo una simulación microscópica que determina los tiempos de cambio de luces en los semáforos. El proceso de simulación se divide en varias etapas, que se describen a continuación:

1. En la primera fase, se llevó a cabo la identificación del diseño vial, considerando sus características geométricas, aforos vehiculares y el tipo de semaforización existente.

2. Posteriormente, se procedió a la recopilación de datos de campo necesarios para la simulación, como los tiempos de los semáforos y el número de vehículos por franjas horarias. Se utilizaron herramientas como formatos de registro, servidor web y videocámaras para la recolección de datos.

3. Con los datos recopilados, se llevó a cabo el procesamiento para identificar las distribuciones de la demanda de vehículos y semáforos, validando la información. Estos datos se utilizaron como entrada para la simulación del escenario mediante el software visen, recreando la situación actual.

4. En el siguiente paso, se ajustó la simulación con base en los resultados obtenidos por el programa Vissim y los datos de campo. Se consideró un nivel de confiabilidad y un porcentaje de error de la media para las variables de decisión seleccionadas, utilizando el tiempo de luz roja del semáforo para la Av. Prolongación Tacna (Oeste) como parámetro de calibración.

5. Luego de la calibración, se realizó la validación de la simulación para verificar su correcto funcionamiento ante alteraciones de parámetros. Se modificaron datos para obtener resultados similares entre el programa Vissim y el entorno real.

6. Con la simulación completada, se procedió a la evaluar y analisar los resultados de la intersección vial. Se presentaron propuestas de mejora y se evaluaron las variables de decisión para este escenario.

7. Finalmente, se mencionaron las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados generados mediante la micro simulación con el software Vissim.

3.2. Recolección de información de campo

3.2.1. Definición del área de estudio

El estudio se realizará en el distrito del Rímac en el cruce de las avenidas, Prolongación Tacna y Alcázar donde los flujos a estudiar son en sentido OESTE-ESTE y de la siguiente manera; el flujo de con mayor demanda en horas de la mañana está señalado con las flechas de color amarillo



Ilustración 7 Flujo vehicular del sistema

Los 4 semáforos están ubicados en las siguientes posiciones de la intersección que serán los tiempos de estos semáforos los que se varíen para poder obtener los resultados esperados



Ilustración 8 Ubicación de los semaforos en el Sistema

Las vías correspondientes a Prolongación Tacna y la salida del Túnel Santa rosa constan ambas de 3 carriles, y la avenida Alcázar junto con Alameda constan ambas de 2 carriles para el flujo de los vehículos



Ilustración 9 Zona de estudio del aforo vehicular

Identificador	Avenida
V1	AVENIDA ALCAZAR (Sureste-Noroeste)
V2	AVENIDA ALCAZAR (Noroeste-Sureste)
V3	AVENIDA PROLONGRACION TACNA (Noreste-Suroeste)
V4	AVENIDA PROLONGACION TACNA (Suroeste-Noreste)

3.2.2. Equipo de trabajo a utilizar

- **Videograbación**

Esta actividad es importante para nuestro proyecto debido a que quedara registrado como se comporta el sistema, con el fin de darnos cuenta solo de los datos necesarios para nuestro análisis como son; Numero de vehículos, tiempo de semáforos.

Esta actividad se realiza en dos fechas distintas, la grabación se realizó con una cámara de un celular por periodos de 31 minutos y 22 segundos

Fueron ubicados en un lugar estratégico para poder tener una visión de todo el sistema como se presenta en las siguientes imagines



Ilustración 10 Celular con cámara utilizado

- **Trípode casero**

El siguiente trípode fue elaborado de manera casera con herramientas y material comprado en ferreterías con el fin de poner un mejor punto de visión la videograbador

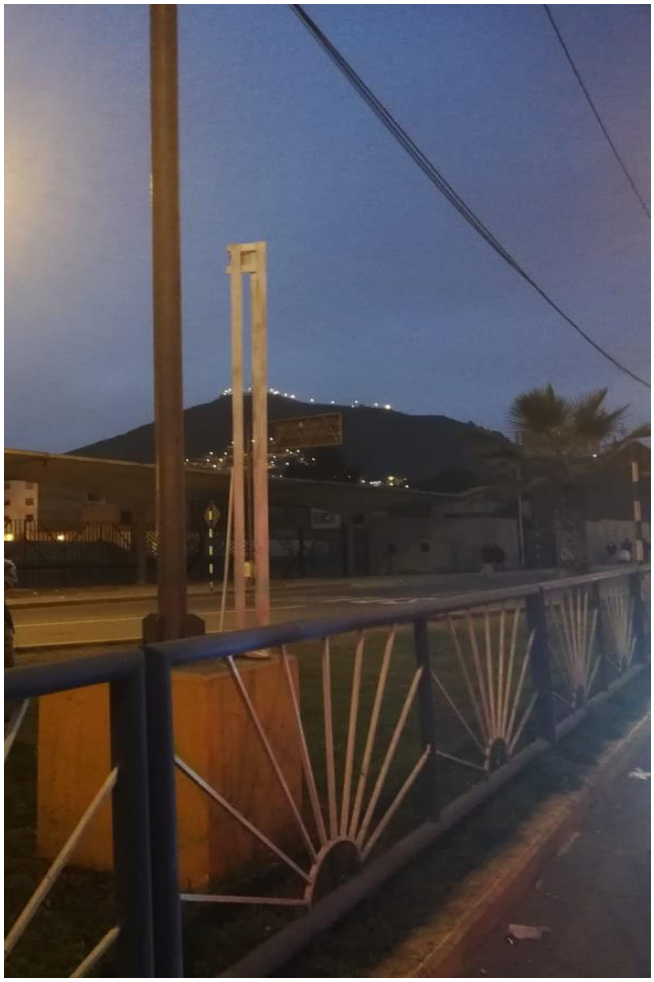


Ilustración 11 Ubicación del trípode

3.2.3. Aforo Vehicular

Para realizar el estudio del aforo vehicular se consideran las siguientes calles con direcciones divididas, el cual será registrado por periodos de 30 minutos según el cuadro siguiente según los limites definidos en el estudio

V2			Semana N°			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00				
	07:00	07:30				
	07:30	08:00				
	08:00	08:30				
	08:30	09:00				

Tabla 1 Aforo vehicular desde V2

V3			Semana N°			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00				
	07:00	07:30				
	07:30	08:00				
	08:00	08:30				
	08:30	09:00				

Tabla 2 Aforo vehicular desde V3

3.2.4. Tiempos de los semáforos

Tabla 3 Tiempo de los semáforos

Mediante la observación en los periodos de tiempo definidos anteriormente se procedió anotar el tiempo de cada fase y ciclo de los semáforos

		SEMAFORO 1			SEMAFORO 2			SEMAFORO 3			SEMAFORO 4		
Luz del semáforo		AMBAR (A)	ROJO (R)	VERDE (V)	A	R	V	A	R	V	A	R	V
06:30	07:00												
07:00	07:30												
07:30	08:00												
08:00	08:30												
08:30	09:00												

3.3. Procesamiento de la información de campo

3.3.1. Videograbación

El panorama que se obtuvo mediante la videograbación y el uso del trípode fue el siguiente



Ilustración 12 Panorama desde el punto de videograbación

3.3.2. Aforo vehicular

En el siguiente recuadro se presentará el aforo vehicular correspondiente a una semana, el siguiente cuadro presenta información del aforo vehicular de V2 hacia V2 y V3, las siguientes tablas

V2			Semana 1			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00		371	256	
	07:00	07:30		620	223	
	07:30	08:00		721	228	
	08:00	08:30		743	209	
	08:30	09:00		624	228	
TOTAL			0	3078.67	1143.96	0
MARTES	06:30	07:00		371	245	
	07:00	07:30		629	221	
	07:30	08:00		730	230	
	08:00	08:30		739	208	
	08:30	09:00		634	229	
TOTAL			0	3102.14	1132.1	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00		375	249	
	07:00	07:30		618	221	
	07:30	08:00		722	228	
	08:00	08:30		735	208	
	08:30	09:00		638	230	
TOTAL			0	3088.46	1135.47	0
JUEVES	06:30	07:00		398	248	
	07:00	07:30		625	220	
	07:30	08:00		724	228	
	08:00	08:30		737	208	
	08:30	09:00		628	230	
TOTAL			0	3112	1135	0
VIERNES	06:30	07:00		364	237.5	
	07:00	07:30		641.5	228	
	07:30	08:00		664	211	
	08:00	08:30		579	176	
	08:30	09:00		661	225	

Tabla 4 Aforo vehicular desde V2 - Semana 1

3.3.3. Tiempo de ciclo de los semáforos

En el cuadro se muestran los tiempos de los semáforos obtenidos durante los periodos de tiempo

De	A	SEMAFORO 1			SEMAFORO 2			SEMAFORO 3			SEMAFORO 4		
Luz del semáforo		A	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V
06:30	07:00	3	120	84	3	127	69	3	91	72	3	90	119
07:00	07:30	3	120	84	3	127	69	3	91	72	3	90	119
07:30	08:00	3	120	84	3	127	69	3	91	72	3	90	119
08:00	08:30	3	120	84	3	127	69	3	91	72	3	90	119
08:30	09:00	3	120	84	3	127	69	3	91	72	3	90	119

Tabla 4 Tiempo de duración de las fases de los semáforos

3.4. Construcción del modelo en Vissim, calibración y validación del proyecto

3.4.1. Ubicación de la zona geográfica en estudio

En primer lugar, es ubicar de manera centrada el área donde realizaras el estudio, contando una red de internet, el programa hace conexión con internet y tendremos esta pantalla inicial del programa

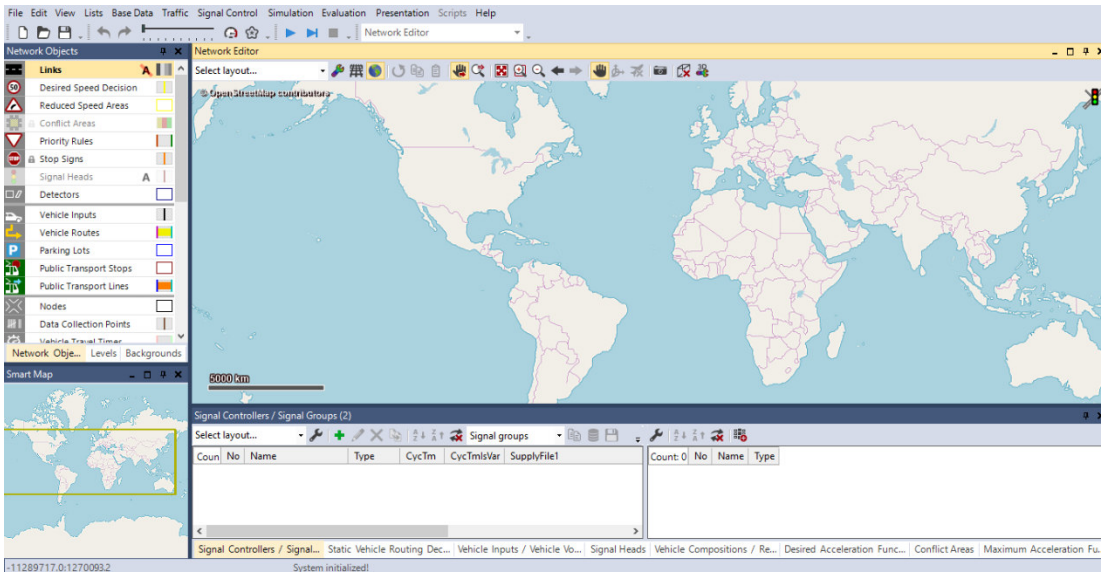


Ilustración 13 Interfaz del programa PTV VISSIM

3.4.2. Definir tu área de estudio

Después de esto, pasaremos a ubicar nuestra zona de estudio, en el caso del presente estudio será ubicado en el Rímac, Lima, Perú exactamente en el cruce de la Avenida Alcázar con Prolongación Tacna como se aprecia en la siguiente imagen

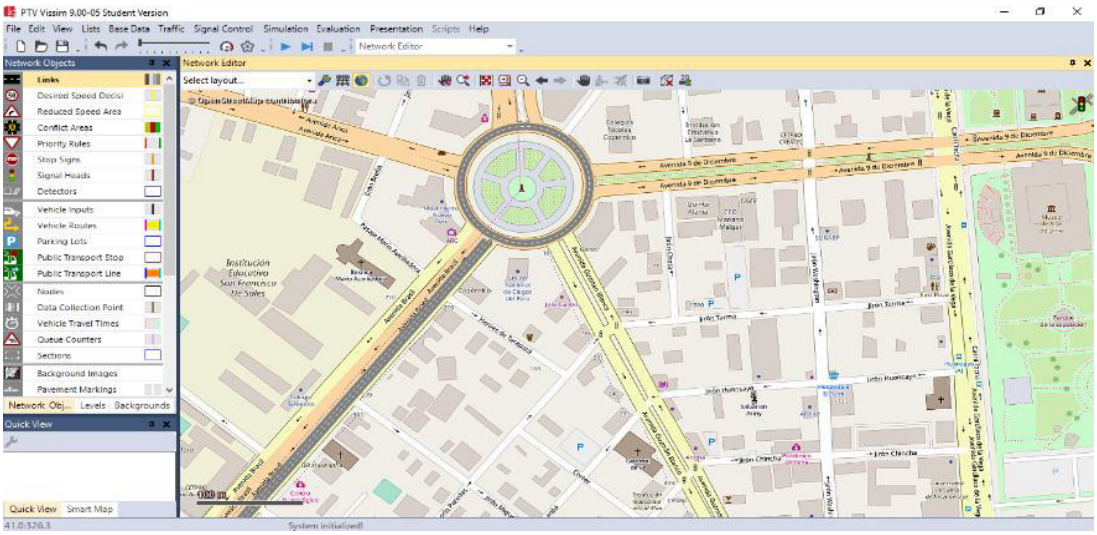


Ilustración 14 Zona geográfica del estudio
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. Insertar los Links por donde pasaran los autos

Para empezar a insertar los Link donde se trabajó se ubicará la siguiente opción en el cuadro ubicado en la parte izquierda superior del programa
Donde seleccionando la opción, ubicamos donde va ser insertada en el mapa y en el lugar donde se hará, haremos click derecho para abrir una cinta de opciones, en esta cinta de opciones se selecciono la opción “Add New Link” y nos aparecerá el siguiente recuadro con atributos para definir los atributos de la pista que deseemos insertar

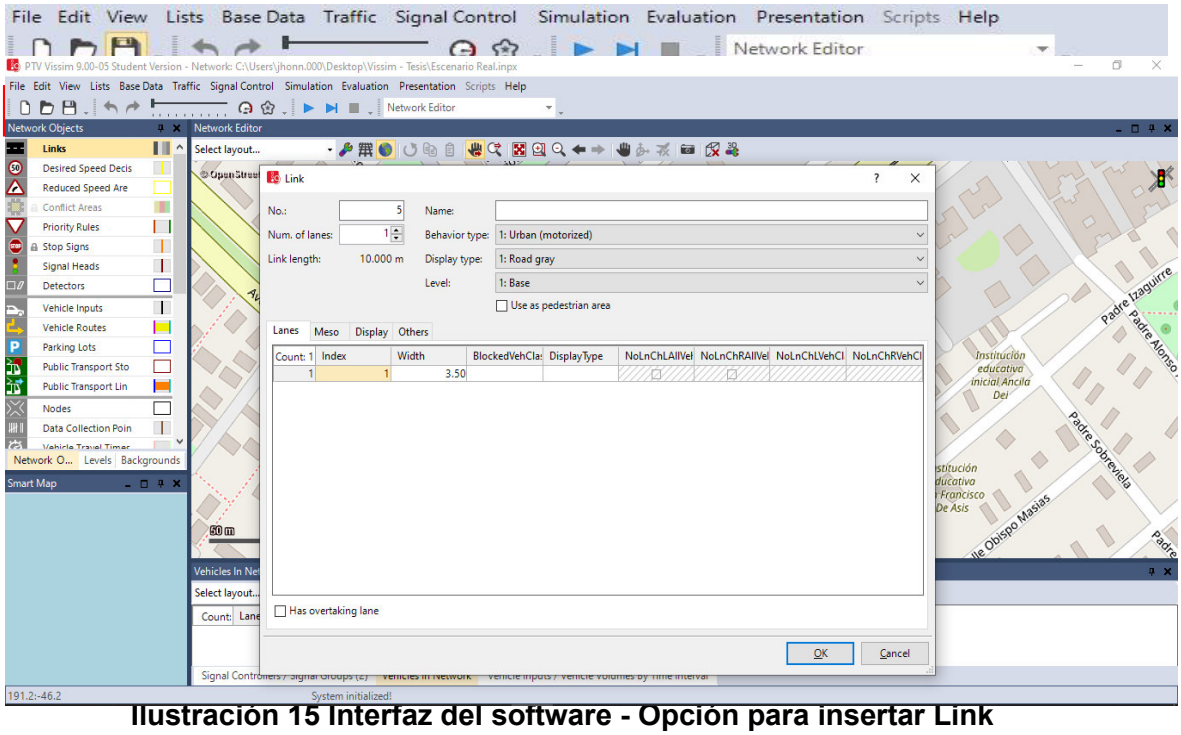


Ilustración 15 Interfaz del software - Opción para insertar Link
Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16 Interfaz del software - Opción para insertar Links

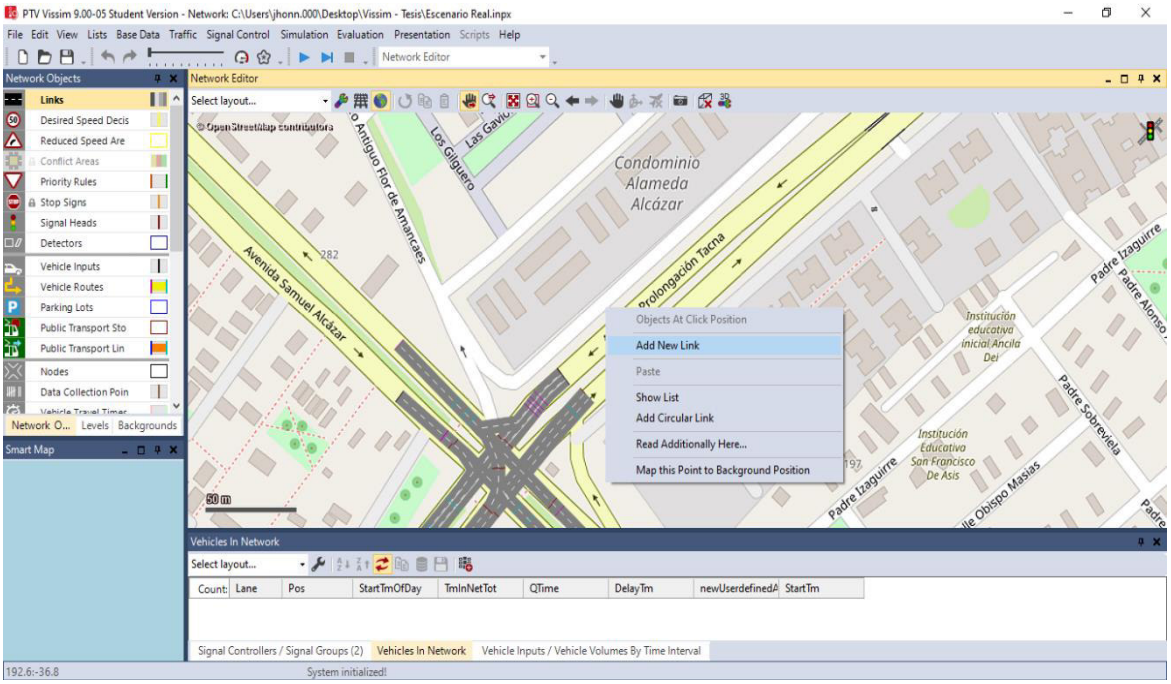


Ilustración 17 Interfaz del software - Opción para insertar Links
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.1. Definición de parámetros

No : Numero de pista definida con el numero 1,2,3…

Num. Of lanes : Numero de carriles de la pista

Link Lenght : Longitud del Link creada

Name: Nombre definido para el Link creado

Behavior type : Comportamiento de los vehiculos al conducir en el Link

Display type : Formato de relleno o textura previamente definidos que le quieres dar al Link

Level : Para el modelado de edificios de varios pisos o estructuras de puentes: nivel en el que se encuentra el enlace

Use as pedestrian area : Si se seleciona esta opción se usara como area peatonal

Count : Contador de carriles en el Link

Index : Numero de carril correspondiente al Link

Width :Tamaño del carril en el Link

3.4.4. Datos de entrada de los vehículos

Para definir la entrada de vehículos ubicamos en primer lugar la siguiente opción en el cuadro en la parte izquierda superior del programa

Despues de seleccionar esta opción hacemos click derecho en el link la entrada donde quisieramos que sea la entrada de vehiculos para la simulación, en la cinta de opciones selecionamos “Add New Vehicule Input” al añadir nuestra entrada de vehiculos nos aparecera el siguiente recuadro

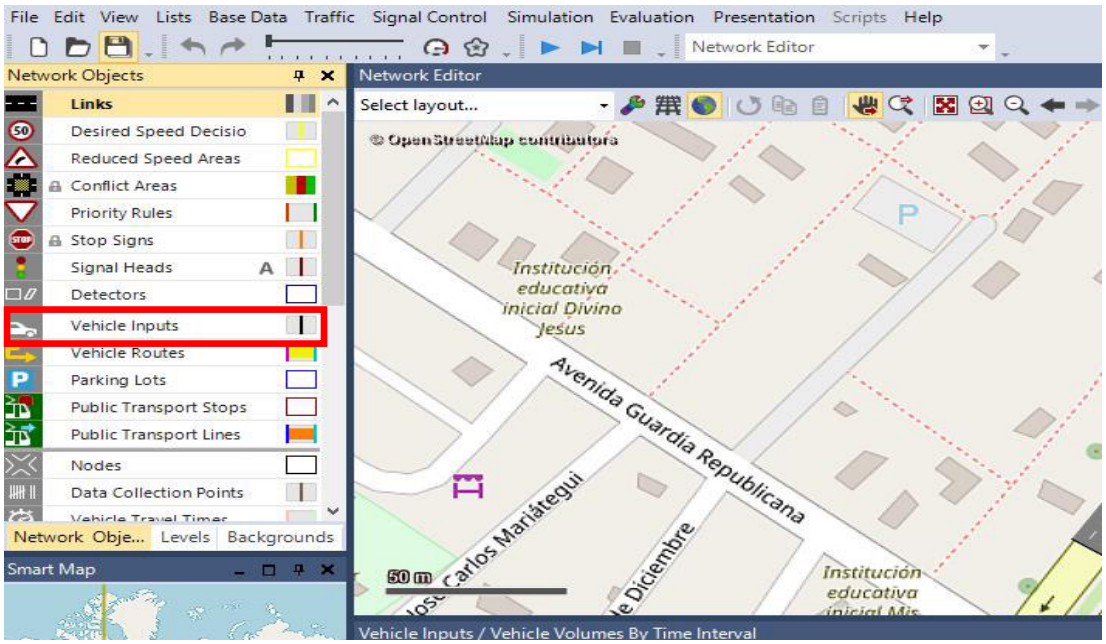


Ilustración 18 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos
Fuente: Elaboración Propia

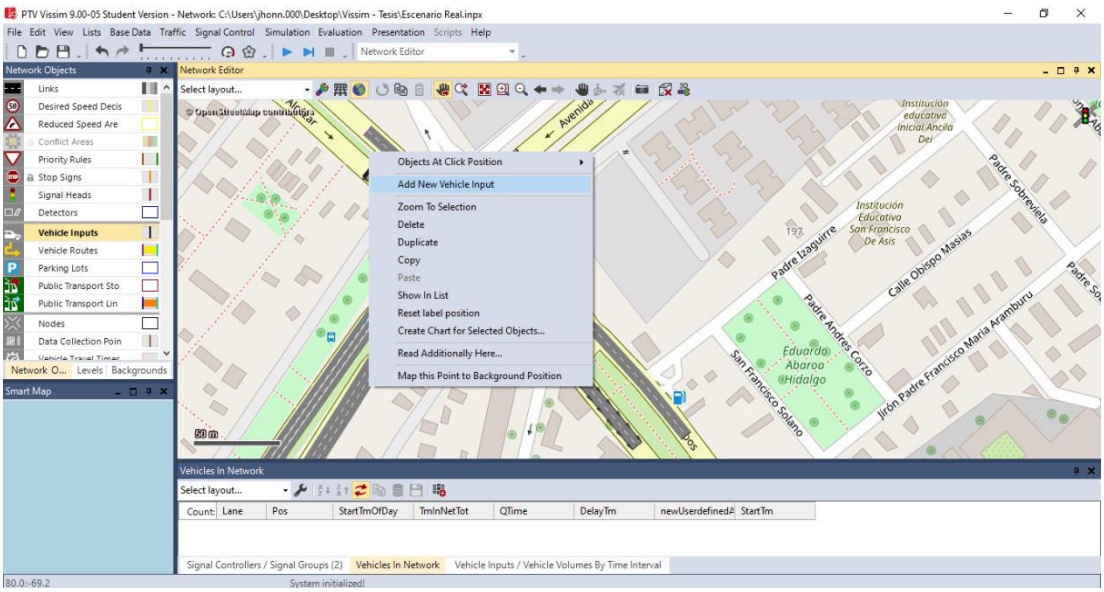


Ilustración 19 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos
Fuente: Elaboración Propia

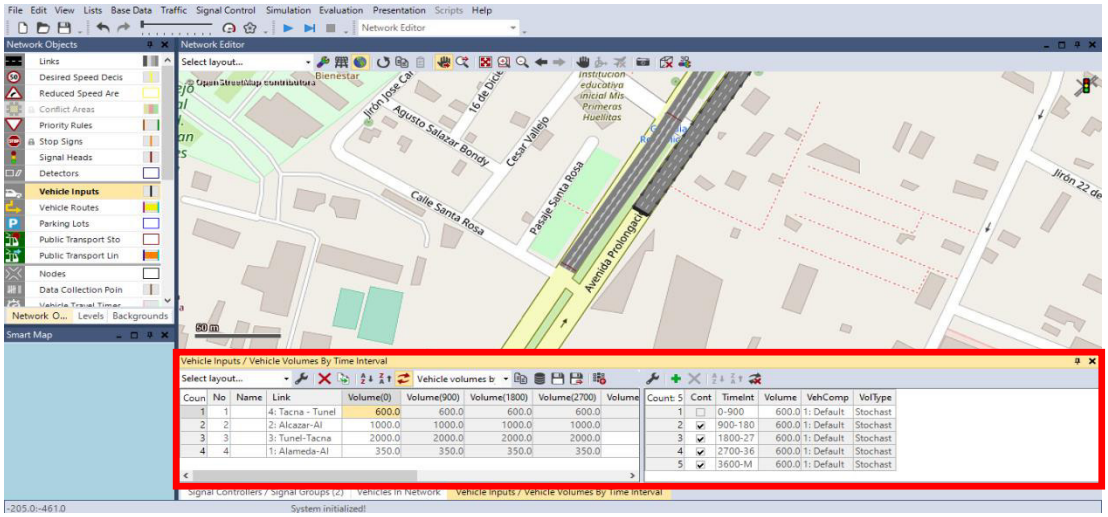


Ilustración 20 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos
Fuente: Elaboración Propia

3.4.4.1. Definición de parámetros de la demanda vehicular

Count: Contador de Vehicle Input

N°: Numero asignado al Vehicle Input

Name: Nombre asignado al Vehicle Input

Link: Nombre del Link donde está asignado el Vehicle Input

Volumen: Numero de vehículos por hora que entran al Link

En la parte Izquierda tenemos el cuadro donde podremos ingresar los intervalos de tiempo que necesitemos, esto se hace añadiendo cada intervalo con el signo "+"

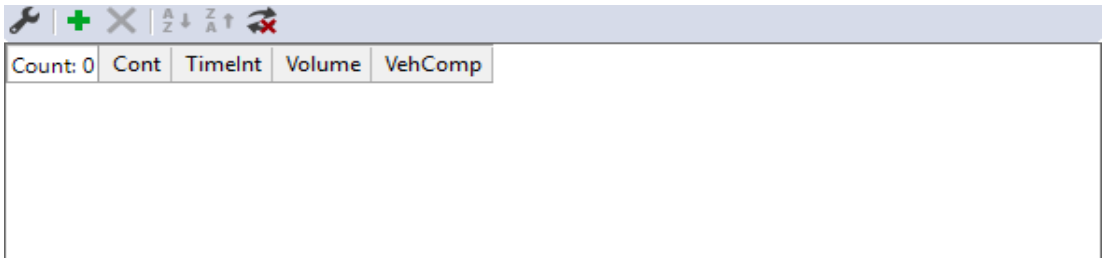


Ilustración 21 Interfaz del software - Datos de entrada de vehículos
Fuente: Elaboración Propia

3.4.4.2. Definición de parámetros de intervalos de tiempo

Count: Contador del intervalo de tiempo

Cont: Numero asignado al intervalo de tiempo

Timent: Intervalo de tiempo

Volumen: Numero de vehículos en el intervalo de tiempo

VehComp: Composición de vehículos que transitan en ese intervalo de tiempo

3.4.5. Insertar los semáforos

Para insertar los semáforos en los puntos de la pista que deseemos primero tuvimos que definir una programación para los mismos de la siguiente manera, en la opción

“Signal Control” de la barra de herramientas en la parte superior de la pantalla

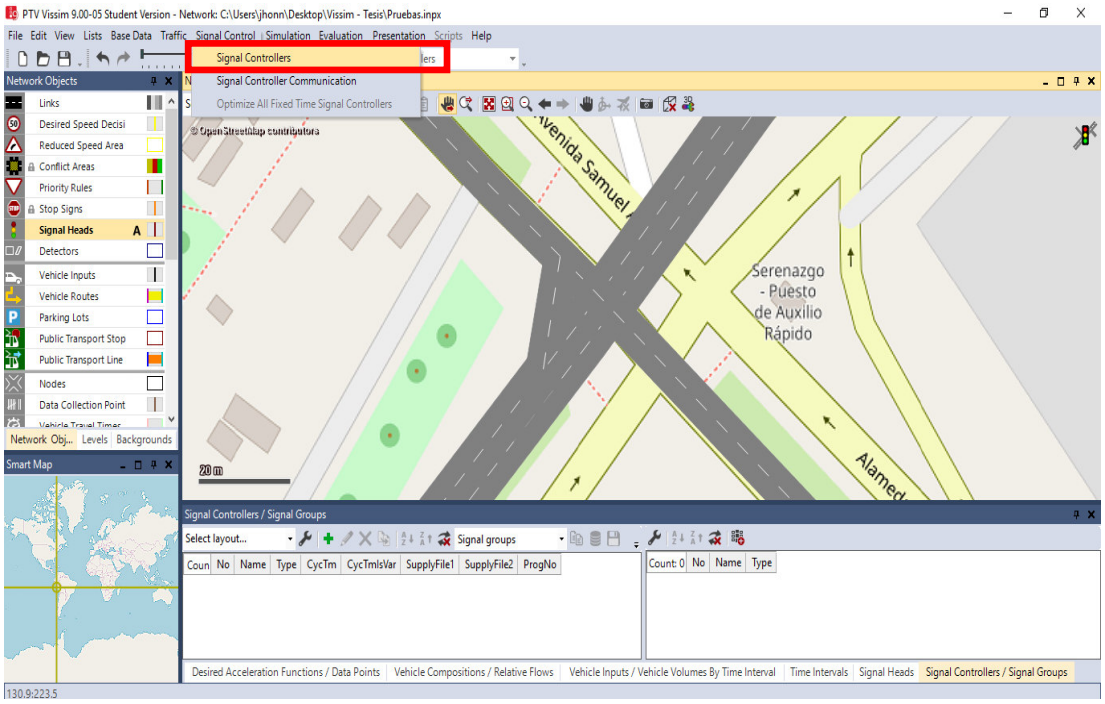


Ilustración 22 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

Donde nos salío el siguiente recuadro para poder realizar la programación de un semáforo, en el siguiente recuadro haremos click izquierdo en la flecla “+” seguidamente del boton de la izquierda que nos permitirá editar una programación para el semaforo que deseemos añadir, donde nos saldra el siguiente recuadro

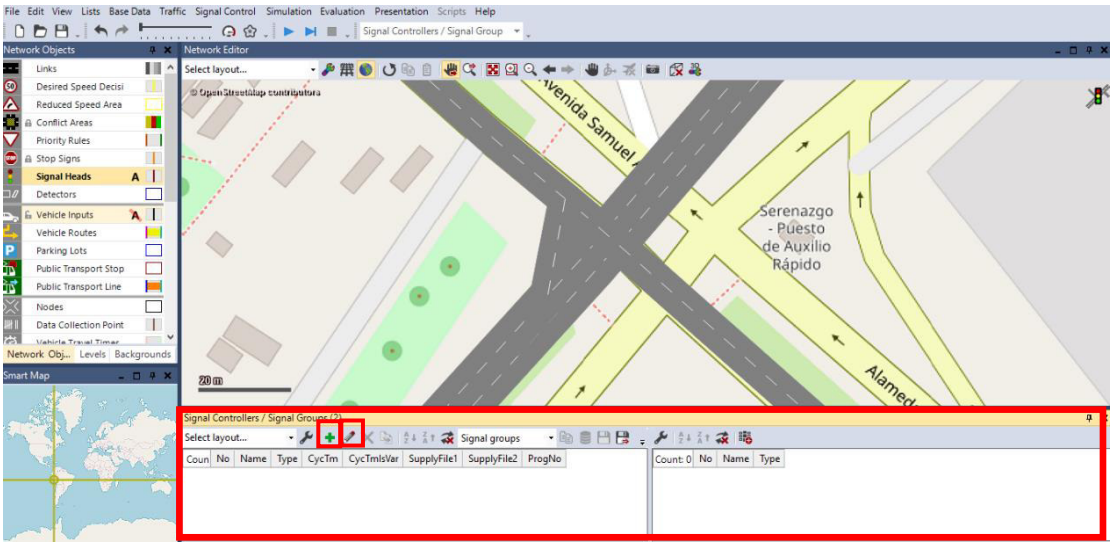


Ilustración 23 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

Se hizo click en la opción “Edit Signal Control” y nos saldra el siguiente recuadro, donde añadiremos una, dos o las necesarias programaciónes para un grupo de semaforos en la opción Signal Groups

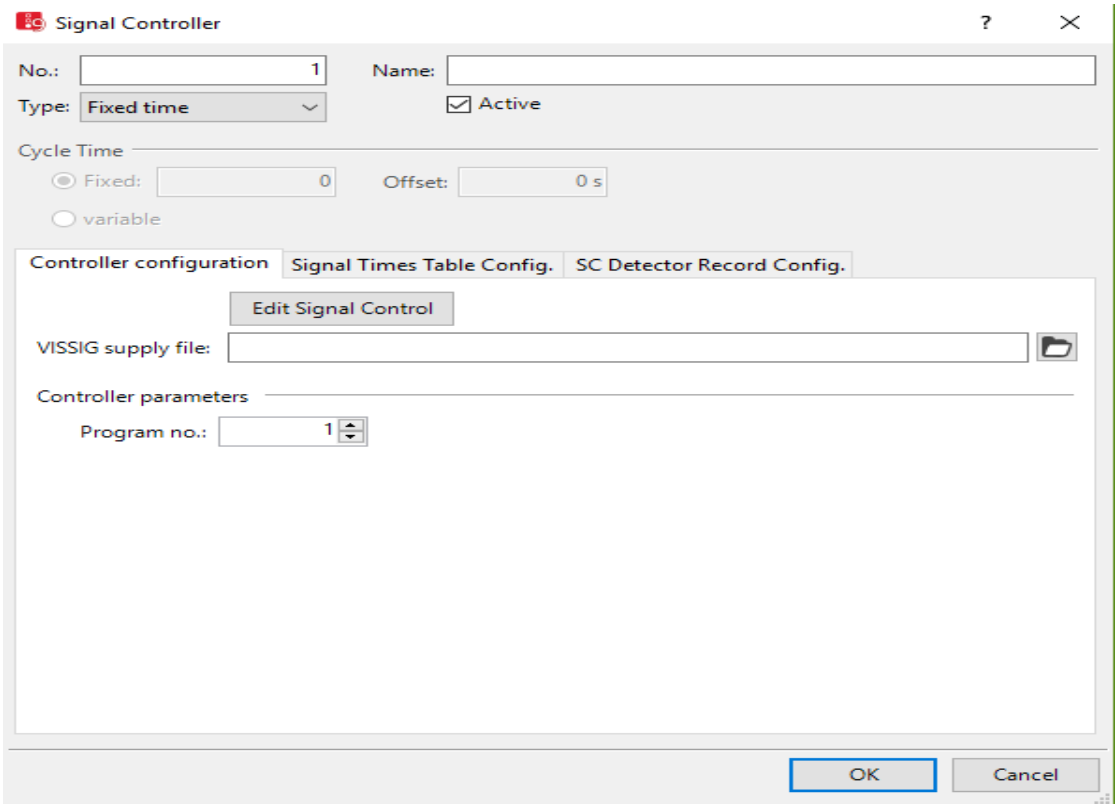


Ilustración 24 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

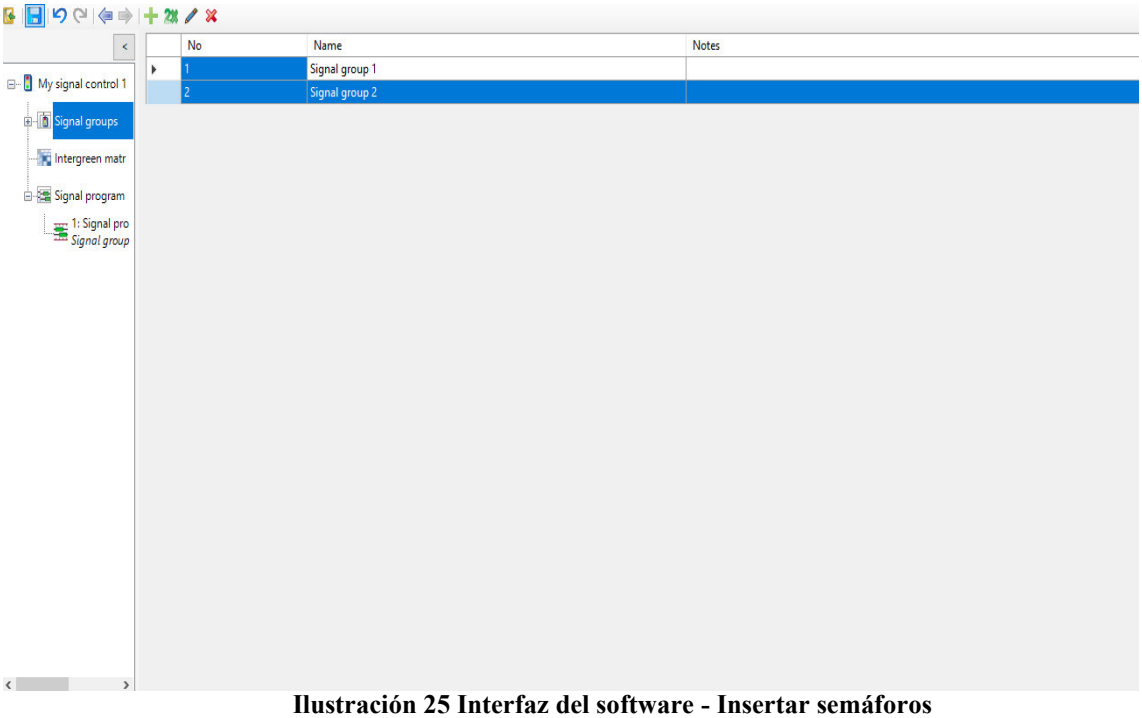


Ilustración 25 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la opción “Signal Program” de igual manera, añadiremos un semáforo para programar, desde el siguiente punto podremos programar los tiempos para los semáforos

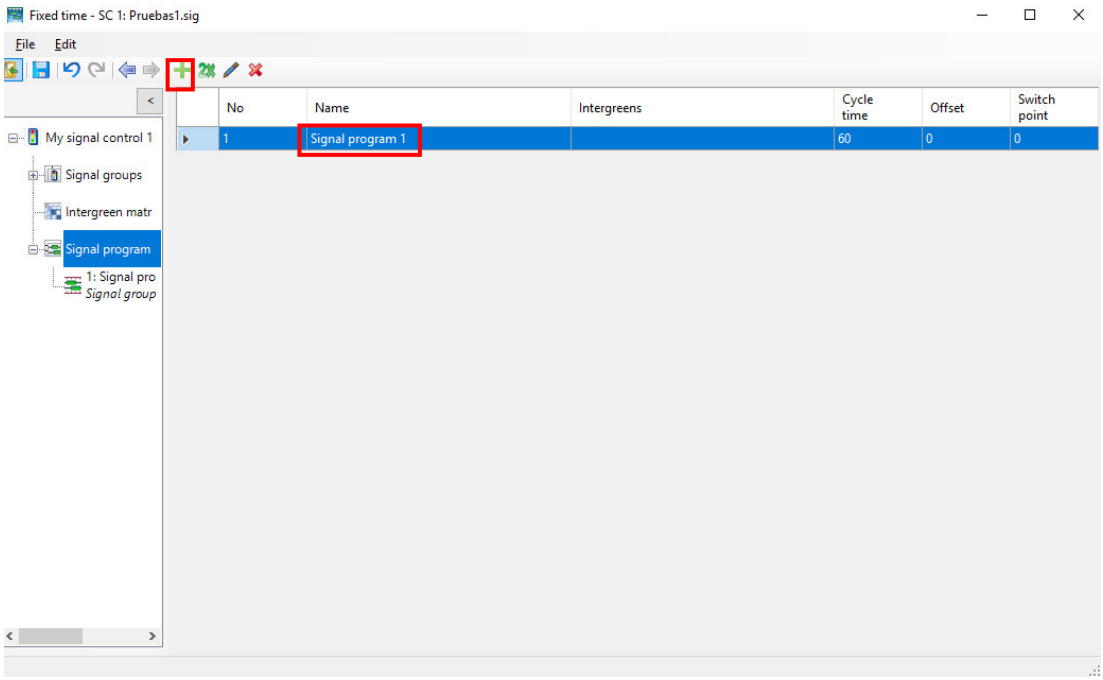


Ilustración 26 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Definir la programación de semáforos

En este punto, estamos en la parte más importante de la investigación, la variación de los tiempos de los semáforos, hicimos click en el siguiente recuadro para programar los tiempos de los semáforos y nos aparezca una pantalla de la siguiente manera

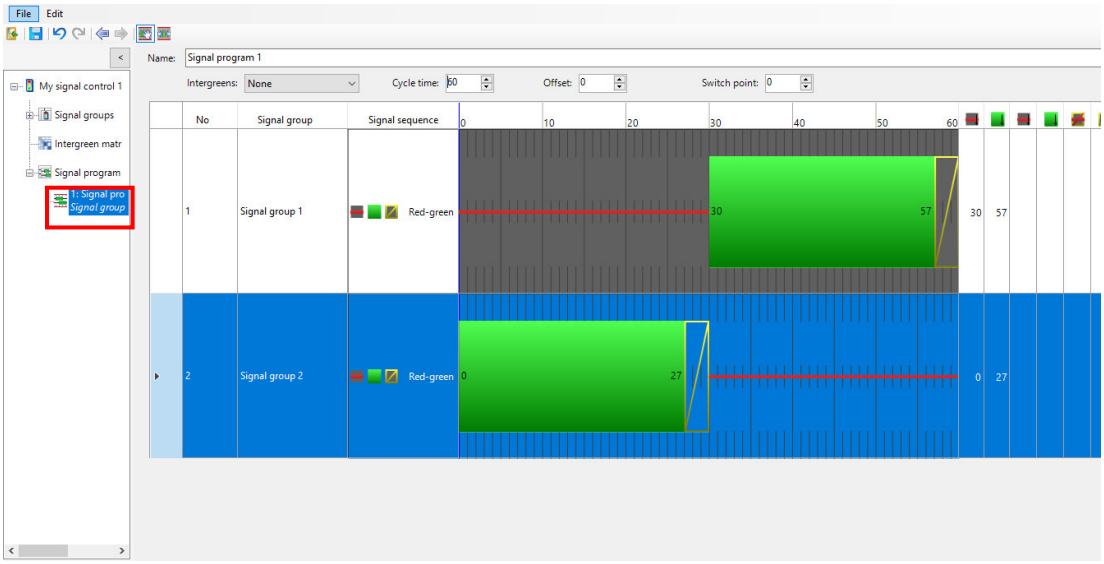


Ilustración 27 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

En este punto podremos modificar los tiempos de las fases de los semáforos (rojo, verde y ámbar) según el escenario que necesitemos o más se adecue a la demanda de vehículos según la franja horaria

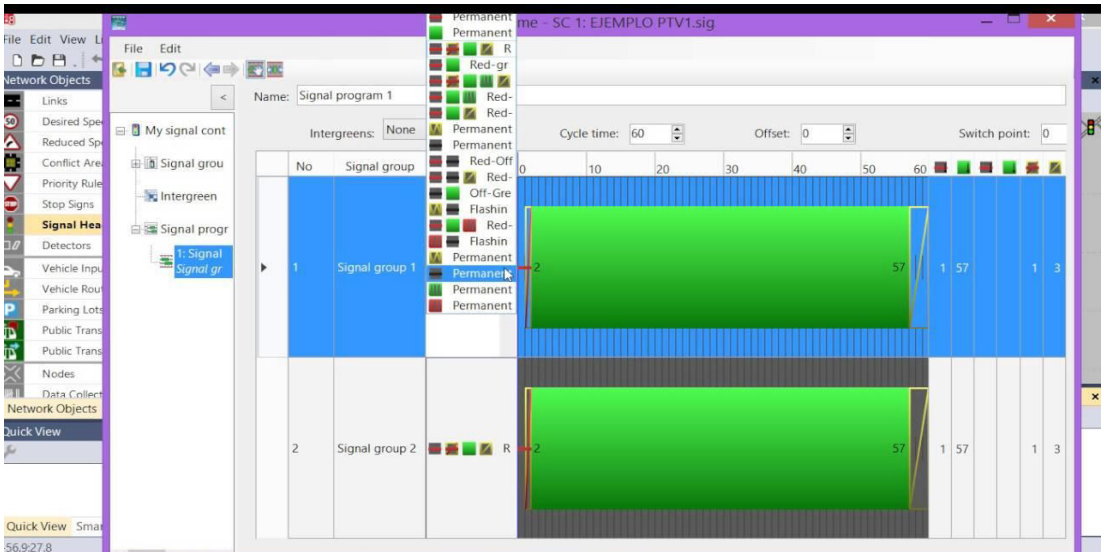


Ilustración 28 Interfaz del software - Insertar semáforos
Fuente: Elaboración propia

Intersección

Representación en el software

En la siguiente imagen se va a representar como se hará uso del programa para la simulación del trafico

El tiempo de los semáforos serán variables según el escenario que deseemos generar

3.2 **Diseño muestral**

La muestra seleccionada será los vehículos de transporte público, privados y de carga que transiten dicho cruce entre las horas 6:30 am – 9:00 am debido a que el número de vehículos que transitan por el cruce es diferente durante las horas del día y se pretende estimar cuanto es el tiempo de espera en la franja horaria que por experiencia se observa mayor congestión

Alcance

Este proyecto de investigación simulo diversos escenarios de simulación para proponer como alternativa de solución al problema del tráfico vehicular en el área de estudio. Centralizándose en el flujo de vehículos en el sentido Noreste a Suroeste, es decir las vías V2 y V3 en las horas de la mañana de 6:30 – 9:00 am, por ser la hora de mayor flujo vehicular como alternativa de solución al problema vehicular en el cruce de Prolongación Tacna con Alcázar. centralizándose en el flujo de vehículos en sentido Este a Oeste, proponiendo una programación para las luces de los semáforos en una determinada hora de la mañana 6:30-9:00 am

3.3. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

La intersección seleccionada para la recolección de la información es el cruce de Prolongación Tacna y la avenida Alcázar el cual contiene 2 vias de 3 carriles y 2 vias de 2 carriles, en este Cruze presente 4 semáforos de 3 fases (rojo, ambar, verde)

El registro de la información se realizo desde el 18 de Julio al 25 de Julio, considerando los días de lunes a viernes, y del 5 de noviembre al 24 de noviembre considerando los días de lunes a viernes

Una vez decidido los parámetros de estudio, se prosigue a la selección de las herramientas que se utilizara(Videograbadora, formatos de registro, trípode), con los conocimientos necesarios se procedió a ubicar en un lugar estratégico el trípode junto con la videograbadora para que se filme los datos que necesitamos

- **Observación**

  Esta actividad se realizó para poder observar el tiempo de duración de las fases de lo semáforos ubicados en el sistema de estudio, la observación se realizo durante una semana en la franja horaria de 6:30 – 9:00 en los semáforos ubicados en la intercepción y para la toma de datos se definió primero las avenidas de las siguiente manera con las direcciones indicadas.

Identificador	Avenida
V1	AVENIDA ALCAZAR (Sureste-Noroeste)
V2	AVENIDA ALCAZAR (Noroeste-Sureste)
V3	AVENIDA PROLONGRACION TACNA (Noreste-Suroeste)
V4	AVENIDA PROLONGACION TACNA (Suroeste-Noreste)

Tabla 5 Tabla de identificación de las vías del Sistema



Ilustración 29 Imagen de identificación para las vías del Sistema

Los datos de los vehículos serán registrados en el siguiente formato de manera ejemplar

DE	**Dia**		**Lunes 20 de Julio del 2018**	
	HORA		6:30-7:00 Am	
	V1	V2	V3	V4
V1				
V2		300	600	
V3			700	
V4				

Tabla 6 Formato de registro para flujo vehicular

Donde de manera ejemplificar será interpretado de la siguiente manera

- Los vehículos que vienen de V2(AVENIDA ALCAZAR (Noroeste-Sureste) y continúan su camino hacia V2 (AVENIDA ALCAZAR (Noroeste-Sureste)) son de 300 vehículos en el lapso horario de 6:30-7:00 en el dia 20 de julio del 2018

- Los vehículos que vienen de V2(AVENIDA ALCAZAR (Noroeste-Sureste)) y se dirigen hacia V3 (AVENIDA PROLONGACIÓN TACNA (Noreste-Suroeste)) son de 600 vehículos en el lapso horario de 6:30-7:00 en el dia 20 de julio del 2018
- Los vehículos que vienen de V3(AVENIDA PROLONGACION TACNA (Noreste-Suroeste)) y se dirigen hacia V3 (AVENIDA PROLONGACIÓN TACNA (Noreste-Suroeste) son de 700 vehículos en el lapso horario de 6:30-7:00 en el dia 20 de julio del 2018

Los presentes datos serán puestos en esta tabla de flujo de vehículos desde V2 hacia V1, V2, V3, V4 para establecer el número de vehículos por franja horaria en el siguiente formato

Vehículos desde V2 hacia			**Semana 1**			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00				
	07:00	07:30				
	07:30	08:00				
	08:00	08:30				
	08:30	09:00				

Tabla 7 Tabla de flujo de vehículos desde V2

V2			Semana 1				Vehiculo por minuto
			v1	v2	v3	v4	
LUNES	06:30	07:00		371	256		21
	07:00	07:30		620	223		28
	07:30	08:00		721	228		32
	08:00	08:30		743	209		32
	08:30	09:00		624	228		28
TOTAL			0	3078.66667	1143.95833	0	141

- Tiempos de los semáforos

Para su recolección se contaron con 4 semáforos y los formatos de registro de duración de las fases del ciclo del semáforo



Ilustración 30 Imagen de ubicación de los semáforos

De	A	SEMAFORO 1			SEMAFORO 2			SEMAFORO 3			SEMAFORO 4		
Luz del semáforo		A	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V
06:30	07:00												
07:00	07:30												
07:30	08:00												
08:00	08:30												
08:30	09:00												

Tabla 8 Tabla de tiempo de fases del semáforo

3.4. Procesamiento de la información

En esta parte se presenta los resultados obtenidos de los datos de campo mediante la etapa realizada previamente

Videograbación

En esta parte se presenta el panorama captado por la cámara del celular desde la ubicación ya mencionada

Ilustración 31 Panorama del sistema captado

Aforo Vehicular

En esta parte se presenta los flujos vehiculares de V2 y V3 como manera ejemplar se presentará uno de cada uno, los demás cuadros estarán ubicados en el Anexo

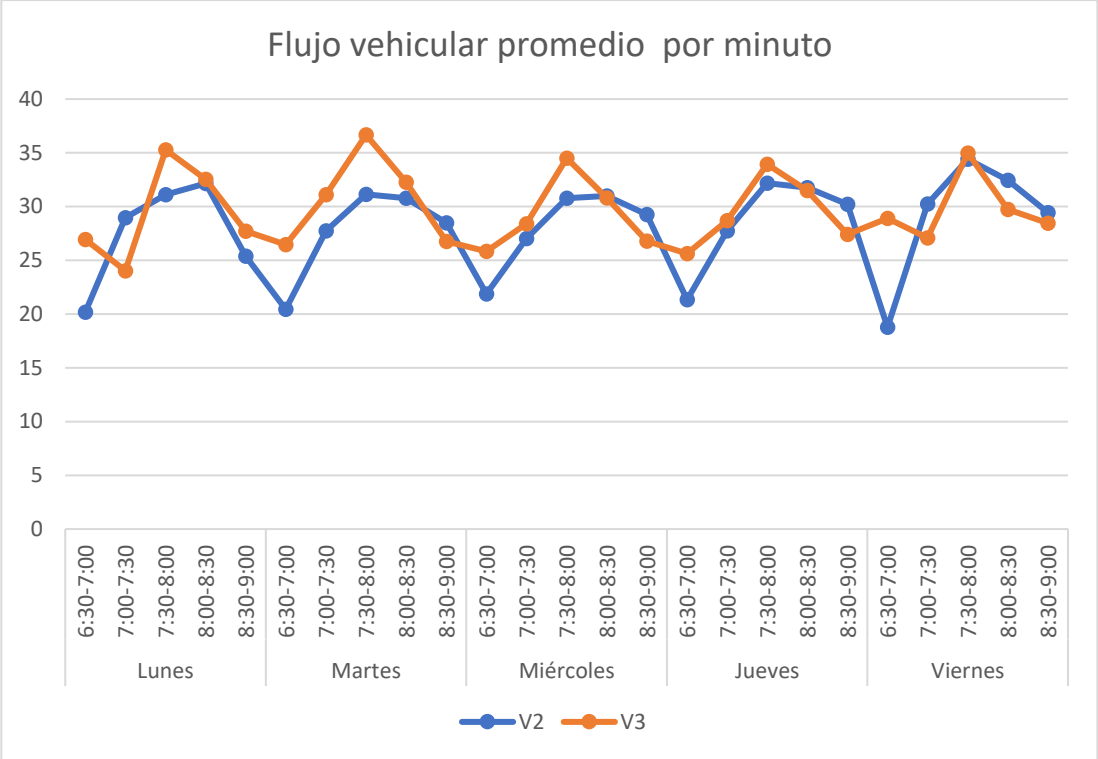
	V2		Semana 1				Vehículo por minuto
			v1	v2	v3	v4	
LUNES	06:30	07:00		371	256		21
	07:00	07:30		620	223		28
	07:30	08:00		721	228		32
	08:00	08:30		743	209		32
	08:30	09:00		624	228		28

Nota: Elaboración Propia 1 Flujo vehicular desde V2

	V3		Semana 1				Vehículo por minuto
			v1	v2	v3	v4	
LUNES	06:30	07:00	76		645		24
	07:00	07:30	83		754		28
	07:30	08:00	143		948		36
	08:00	08:30	116		827		31
	08:30	09:00	81		744		27
Total			499	0	3918	0	147

Nota: Elaboración Propia 2 Flujo vehicular desde V3

En el siguiente grafico podemos observar el comportamiento del tráfico de V2 Y V3 correspondiente a una semana que se dirigen a V3 (PROLONGACION TACNA (Noreste-Suroeste)



Nota: Elaboración Propia 3 Flujo vehicular promedio por minuto

En el grafico podemos observar que la demanda fluctúa en esas horas de la mañana llegando a uno de sus puntos más altos en la franja de 7:30 – 8:00 am con aproximado de 65 vehículos por minuto

Tiempo de los semáforos

Se registro el tiempo de los semáforos el cual está dado de la siguiente manera el cual es constante durante todo el día, Ámbar (A), Rojo (R), Verde(V)

Se muestra la programación de los semáforos en el software Vissim donde Signal Group 1 corresponde a SEMAFORO 2 y Semáforo 4 y Signal Group 2 corresponde a SEMAFORO 3 y SEMAFORO 4, Signal group 3 corresponde a un tiempo adicional al tiempo de SEMAFORO 4 para que permita el paso de los vehiculos que viene de

AVENIDA PROLONGACION TACNA (Suroeste-Noreste) hacia AVENIDA ALCAZAR (Sureste-Noroeste)

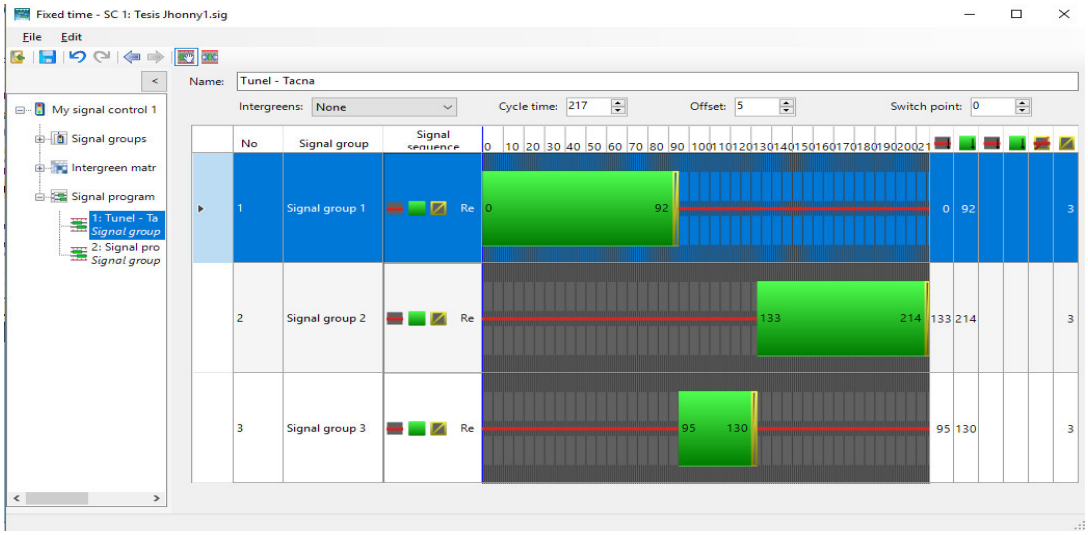


Ilustración 32 Programación de semáforos real

CAPITULO IV

3.5. RESULTADOS DE LA SIMULACION

Para la simulación se realizó aproximadamente 2 ciclos de semáforos, considerar que la versión estudiante del software permite un máximo de tiempo y la simulación será para el tiempo donde presenta el mayor flujo vehicular de 7:30-8:30

3.5.1. Escenario Actual

Para la elaboración de la simulación se consideró los ingresos de parámetros siguientes

Semáforos

Donde los semáforos para la Prolongación Tacna están dados por Signal group 1 y 3, para la Avenida Alcázar están dado por Signal group 2

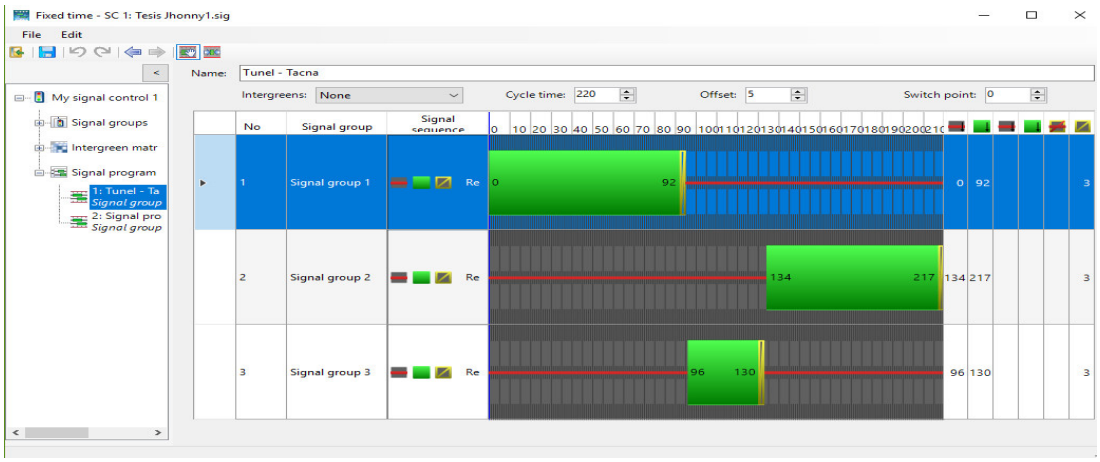


Ilustración 33 Distribución de los tiempos de semáforos en el software

Aforo vehicular

En esta sección se introduce el aforo vehicular por hora por defecto en la zona donde dice volumen

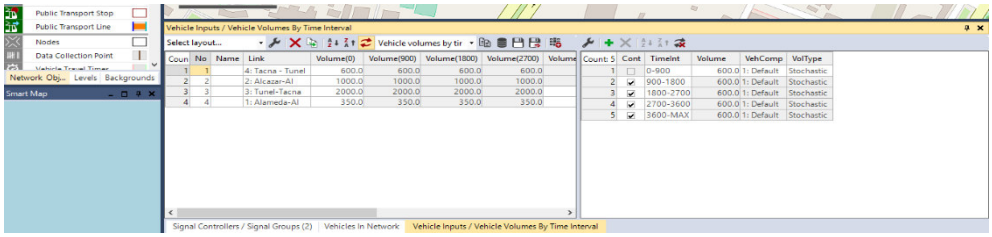


Ilustración 34 Entrada de vehículos por hora

La simulación de la Situación real presenta los siguientes tiempos de espera

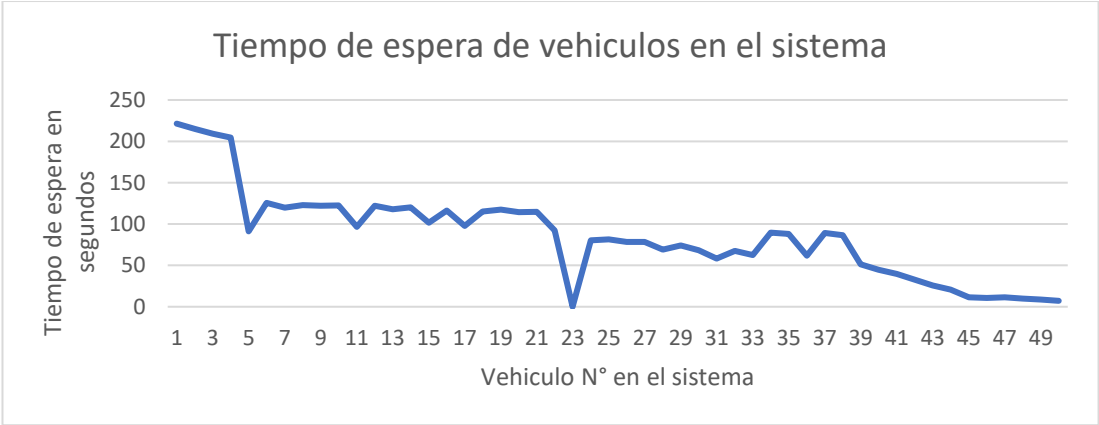


Ilustración 35 Tiempo de espera de los vehículos en el sistema

3.5.2. Escenario generado N° 1

Para la generación del escenario N° 1 se consideró la siguiente duración de fases de los semáforos, el aforo vehicular no varia

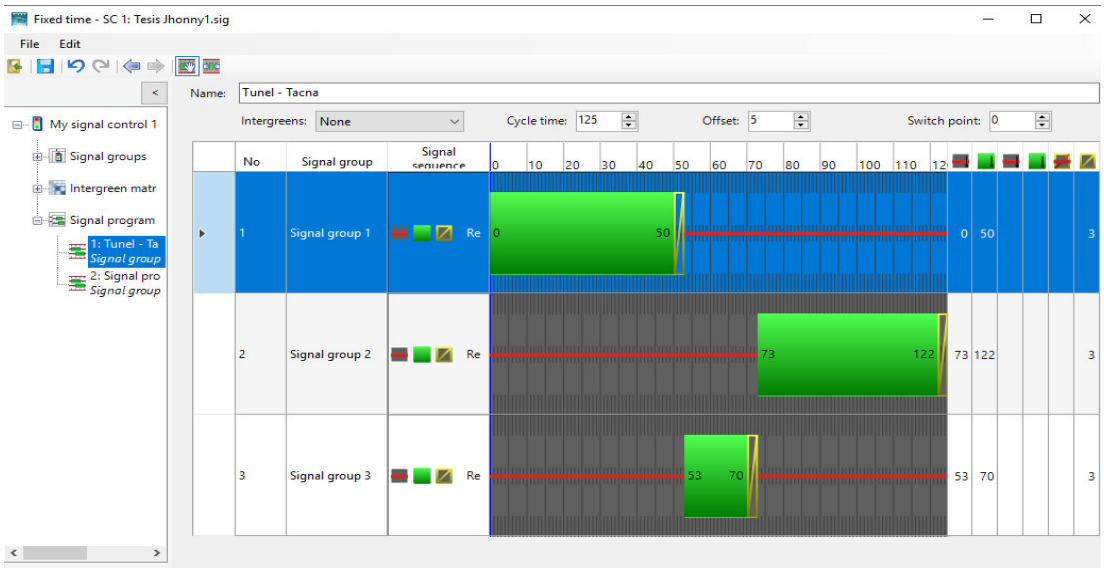


Ilustración 36 Tiempo de las fases del semáforo para el Escenario 1

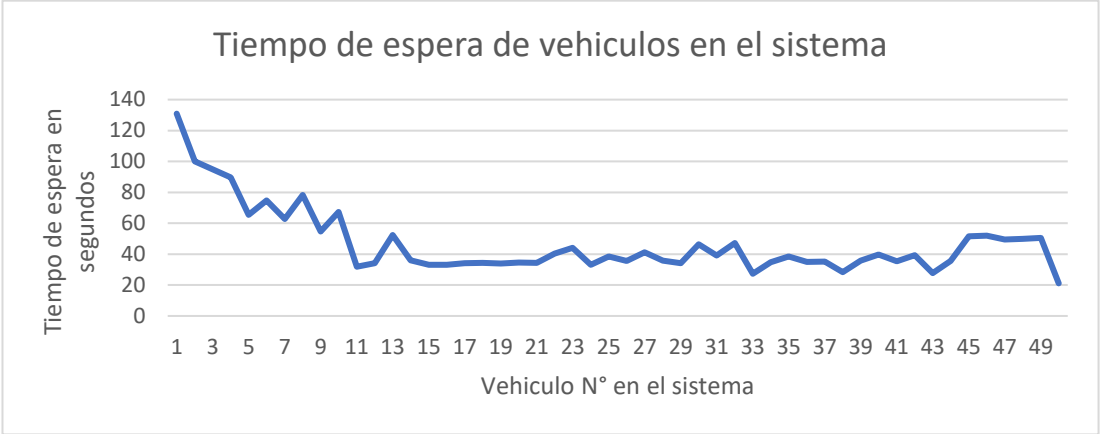


Ilustración 37 Tiempo de espera de los vehículos en el sistema

Al realizar la comparación de la Situación real con el Escenario 1, observamos que la diferencia de tiempos de espera en segundos a mejora considerablemente para los vehículos que se encuentran en el sistema

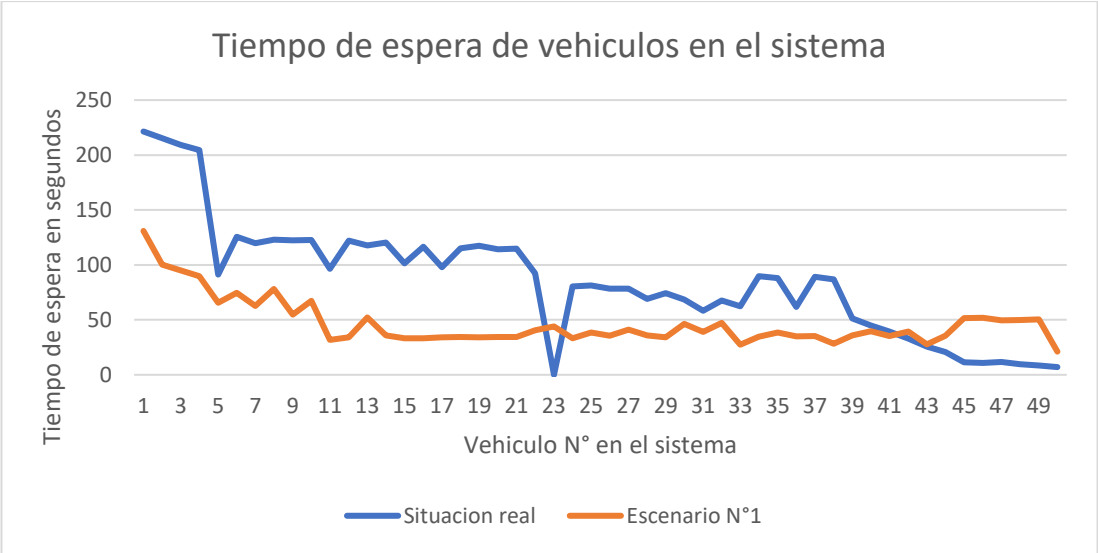


Ilustración 38 Tiempo de espera en la Situación Real vs Escenario 1

El porcentaje de mejora de los vehículos se presenta en la siguiente tabla, se puede inferencia bajo el porcentaje de mejora, en promedio el tiempo de espera de los vehículos mejora en un 50%

Tiempo espera en el Escenario N°1	Tiempo espera en la situación real	Porcentaje de mejora
221.4	130.9	41%
215.2	100.1	53%
209.3	94.9	55%
204.6	89.7	56%
91.3	65.5	28%
125.5	74.7	40%
119.7	62.7	48%
123	78.2	36%
122.3	54.7	55%
122.7	67.3	45%
96.5	31.9	67%
122	34.2	72%
117.8	52.3	56%
120.2	36	70%
101.5	33.1	67%
116.5	33.1	72%
97.9	34.1	65%
115.2	34.4	70%
117.4	34	71%
114.2	34.5	70%
114.7	34.4	70%
92.3	40.4	56%
0	44.1	0%
80.5	33.2	59%
81.3	38.4	53%

78.3	35.6	55%
78.4	41.2	47%
69.2	35.9	48%
74.3	34.1	54%
68.5	46.4	32%
58.2	39.2	33%
67.7	47.1	30%
62.4	27.4	56%
89.8	34.7	61%
88.1	38.5	56%
61.9	35	43%
89.1	35.2	60%
86.7	28.3	67%
51.4	35.8	30%
44.9	39.7	12%
39.5	35.4	10%

Ilustración 39 Tiempos de espera de los vehículos; Situación Real vs Escenario 1

CONCLUSIONES

La determinación mediante simulación permitió disminuir los tiempos de espera de los vehículos de en hasta un 50% con respecto al escenario real.

La demanda de vehículos en el de Prolongación Tacna con Alcázar cruce puede llegar a ser de 1000 vehículos en una franja horaria de 30 minutos con una sola dirección, este aumento de casi el 200% de su capacidad regular se ve afectada en los problemas de trafico que se presentan a las 7:00 am – 8:00 am.

Es por ello que los tiempos de los semáforos dados para el escenario real el cual se presenta en la investigación, no son los adecuados para la realidad que varía durante la mañana en diferentes franjas horarias.

La determinación del ciclo del semáforo fue disminuida de 220 a 125 segundos, los cuales están divididos en las 3 fases de los semáforos, esto permitió la disminución de los tiempos de espera de los vehículos.

RECOMENDACIONES

La determinación de los tiempos de duración de las fases del semáforo es una parte importante en el diseño de una intercepción semaforizada puesto que está condicionada a la demanda vehicular en una zona,

El estudio en investigación se presentó para una determinada hora en la mañana es recomendable que esta misma practica se realice en la noche donde el flujo presenta demoras en sentido contrario.

La siguiente metodología de estudio y forma de análisis es conveniente para diversos tipos de escenarios de transporte donde el software presentado es de mucha utilidad

La simulación se mantiene como una herramienta potente a la hora de estimar escenarios con información que a nuestra disposición, esta misma puede ser aplicada a rubros diferentes como servicios, financieros, transporte, médicos.

En el estudio se realizó la práctica de los escenarios en base a criterios propios y mediante la observación, así que, la determinación de los tiempos para las luces de los semáforos puede también ser formuladas y analizadas mediante formulación matemática u mediante otra práctica.

Es recomendable el uso de programación y videograbadoras para determinar la demanda de los vehículos en intercepciones donde se desee realizar el análisis de semaforización.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

.

1. Fellendorf, M. and Vortisch, P. (2010) Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. In: Barceló, J., Ed., Fundamentals of Traffic Simulation, International Series in Operations Research & Management Science, Springer, New York, 145, 63-93. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6142-6_2

2. Uretra, L (2017) Influencia del diseño de un Sistema de lineas de espera aplicado en los semaforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo-Junin para la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016, Universidad Continental, Huancayo

3. Medina D. (2015) Implementación de un algoritmo genético para la optimización de flujo vehicular aplicado a la fase de tiempos en las intersecciones de un corredor vial, Pontificia Universidad Catolica del Perú, Lima

4. Gonzalo J. y Jaramillo R. (2012) Semaforización Inteligente: Adquisición de datos e implementación de control difuso en tiempo real para la optimización del flujo en la ciudad, Universidad de San Francisco de Quito, Quito, Ecuador

5. Almonacid O. (2017) Simulación digital de trafico para Intersecciones señalizadas por semáforo, bajo ambiente tridimensional, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile

6. MTC. (2020). Resolución Directorial N°03-2018-MTC/14 (p. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4038.pdf). Lima.

7. FHWA (2004). *Traffic analysis toolbox Volume III:Guidelines for applying traffic micr*
osimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040

8. Arrieta, K. (2013). *Modelación del tráfico vehicular con el software PTV Vissim -Tramo Bomba El gallo - Bomba El Amparo*, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

ANEXOS

V2			Semana 1			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00		371	256	
	07:00	07:30		620	223	
	07:30	08:00		721	228	
	08:00	08:30		743	209	
	08:30	09:00		624	228	
TOTAL			0	3078.67	1143.96	0
MARTES	06:30	07:00		371	245	
	07:00	07:30		629	221	
	07:30	08:00		730	230	
	08:00	08:30		739	208	
	08:30	09:00		634	229	
TOTAL			0	3102.14	1132.1	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00		375	249	
	07:00	07:30		618	221	
	07:30	08:00		722	228	
	08:00	08:30		735	208	
	08:30	09:00		638	230	
TOTAL			0	3088.46	1135.47	0
JUEVES	06:30	07:00		398	248	
	07:00	07:30		625	220	
	07:30	08:00		724	228	
	08:00	08:30		737	208	
	08:30	09:00		628	230	
TOTAL			0	3112	1135	0
VIERNES	06:30	07:00		364	237.5	
	07:00	07:30		641.5	228	
	07:30	08:00		664	211	
	08:00	08:30		579	176	
	08:30	09:00		661	225	
TOTAL			0	2909.5	1077.5	0

Tabla 9 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 1
Fuente: Elaboración Propia

V2			Semana 2			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00		339	266	
	07:00	07:30		659	210	
	07:30	08:00		709	224	
	08:00	08:30		749	215	
	08:30	09:00		526	236	
TOTAL			0	2982	1151	0
MARTES	06:30	07:00		365	248	
	07:00	07:30		621	211	
	07:30	08:00		720	214	
	08:00	08:30		715	208	
	08:30	09:00		615	240	
TOTAL			0	3036	1121	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00		410	246	
	07:00	07:30		586	225	
	07:30	08:00		687	236	
	08:00	08:30		723	207	
	08:30	09:00		643	235	
TOTAL			0	3049	1149	0
JUEVES	06:30	07:00		382	258	
	07:00	07:30		598	234	
	07:30	08:00		736	229	
	08:00	08:30		748	205	
	08:30	09:00		688	218	
TOTAL			0	3152	1144	0
VIERNES	06:30	07:00		346	217	
	07:00	07:30		685	222	
	07:30	08:00		789	243	
	08:00	08:30		765	208	
	08:30	09:00		668	215	
TOTAL			0	3253	1105	0

Tabla 10 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 2
Fuente: Elaboración Propia

V2			Semana 3			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00		352	257	
	07:00	07:30		640	211	
	07:30	08:00		715	219	
	08:00	08:30		732	212	
	08:30	09:00		571	238	
TOTAL			0	3009	1136	0
MARTES	06:30	07:00		388	247	
	07:00	07:30		604	218	
	07:30	08:00		704	225	
	08:00	08:30		719	208	
	08:30	09:00			238	
TOTAL			0	2413.5	1135	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00		396	252	
	07:00	07:30		592	230	
	07:30	08:00		712	233	
	08:00	08:30		736	206	
	08:30	09:00		666	227	
TOTAL			0	3100.5	1146.5	0
JUEVES	06:30	07:00		364	238	
	07:00	07:30		642	228	
	07:30	08:00		763	236	
	08:00	08:30		757	207	
	08:30	09:00		678	217	
TOTAL			0	3203	1125	0
VIERNES	06:30	07:00		370	252	
	07:00	07:30		622	214	
	07:30	08:00		709	222	
	08:00	08:30		726	210	
	08:30	09:00		600	238	
TOTAL			0	3025.8	1135.5	0

Tabla 11 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 3
Fuente: Elaboración Propia

V2			Semana 4			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00		366	249	
	07:00	07:30		632	219	
	07:30	08:00		726	228	
	08:00	08:30		739	209	
	08:30	09:00		618	230	
TOTAL			0	3080.167	1134.333	0
MARTES	06:30	07:00		380	253	
	07:00	07:30		612	219	
	07:30	08:00		704	228	
	08:00	08:30		730	209	
	08:30	09:00		609	235	
TOTAL			0	3035.863	1143.4	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00		377	249	
	07:00	07:30		613	226	
	07:30	08:00		733	228	
	08:00	08:30		739	206	
	08:30	09:00		662	225	
TOTAL			0	3122.75	1134	0
JUEVES	06:30	07:00		372	238	
	07:00	07:30		634	222	
	07:30	08:00		737	234	
	08:00	08:30		743	208	
	08:30	09:00		647	226	
TOTAL			0	3133	1129	0
VIERNES	06:30	07:00		358	235	
	07:00	07:30		653	218	
	07:30	08:00		749	233	
	08:00	08:30		745	209	
	08:30	09:00		634	226	
TOTAL			0	3139.375	1120.25	0

Tabla 12 Flujo de vehículos desde V2 – Semana 4
Fuente: Elaboración Propia

V3			Semana 1			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00	76		645	
	07:00	07:30	83		754	
	07:30	08:00	143		948	
	08:00	08:30	116		827	
	08:30	09:00	81		744	
Total			499	0	3918	0
MARTES	06:30	07:00	80		716	
	07:00	07:30	90		759	
	07:30	08:00	143		928	
	08:00	08:30	120		812	
	08:30	09:00	79		739	
Total			512	0	3955	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00	76		725	
	07:00	07:30	83		758	
	07:30	08:00	146		994	
	08:00	08:30	119		827	
	08:30	09:00	81		742	
Total			504	0	4045	0
JUEVES	06:30	07:00	77		720	
	07:00	07:30	85		734	
	07:30	08:00	145		921	
	08:00	08:30	117		824	
	08:30	09:00	84		741	
Total			508	0	3940	0
VIERNES	06:30	07:00	67		700	
	07:00	07:30	81		698	
	07:30	08:00	71		878	
	08:00	08:30	73		914	
	08:30	09:00	85		757	
Total			229	0	3947	0

Tabla 13 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 1
Fuente: Elaboración Propia

V3			Semana 2			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00	65		743	
	07:00	07:30	70		651	
	07:30	08:00	157		901	
	08:00	08:30	120		856	
	08:30	09:00	86		745	
Total			498	0	3896	0
MARTES	06:30	07:00	71		723	
	07:00	07:30	68		865	
	07:30	08:00	138		962	
	08:00	08:30	126		842	
	08:30	09:00	60		743	
Total			463	0	4135	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00	86		689	
	07:00	07:30	97		755	
	07:30	08:00	146		889	
	08:00	08:30	128		796	
	08:30	09:00	78		726	
Total			535	0	3855	0
JUEVES	06:30	07:00	82		687	
	07:00	07:30	76		785	
	07:30	08:00	142		876	
	08:00	08:30	112		833	
	08:30	09:00	86		736	
Total			498	0	3917	0
VIERNES	06:30	07:00	78		789	
	07:00	07:30	114		699	
	07:30	08:00	135		914	
	08:00	08:30	104		788	
	08:30	09:00	89		765	
Total			520	0	3955	0

Tabla 14 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 2
Fuente: Elaboración Propia

V3			Semana 3			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00	68		733	
	07:00	07:30	69		758	
	07:30	08:00	148		932	
	08:00	08:30	123		849	
	08:30	09:00	73		744	
Total			481	0	4016	0
MARTES	06:30	07:00	79		706	
	07:00	07:30	83		810	
	07:30	08:00	142		986	
	08:00	08:30	127		819	
	08:30	09:00	69		735	
Total			499	0	4056	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00	84		688	
	07:00	07:30	87		770	
	07:30	08:00	144		924	
	08:00	08:30	120		815	
	08:30	09:00	82		731	
Total			517	0	3928	0
JUEVES	06:30	07:00	80		738	
	07:00	07:30	95		742	
	07:30	08:00	139		956	
	08:00	08:30	108		811	
	08:30	09:00	88		751	
Total			509	0	3997	0
VIERNES	06:30	07:00	81		711	
	07:00	07:30	88		774	
	07:30	08:00	142		901	
	08:00	08:30	118		815	
	08:30	09:00	80		739	
Total			508	0	3939	0

Tabla 15 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 3
Fuente: Elaboración Propia

V3			Semana 4			
			v1	v2	v3	v4
LUNES	06:30	07:00	74		739	
	07:00	07:30	88		716	
	07:30	08:00	146		909	
	08:00	08:30	119		822	
	08:30	09:00	82		745	
Total			508	0	3930	0
MARTES	06:30	07:00	83		703	
	07:00	07:30	89		765	
	07:30	08:00	142		909	
	08:00	08:30	117		814	
	08:30	09:00	83		736	
Total			513	0	3927	0
MIÉRCOLES	06:30	07:00	75		716	
	07:00	07:30	77		756	
	07:30	08:00	146		919	
	08:00	08:30	120		834	
	08:30	09:00	79		740	
Total			497	0	3965	0
JUEVES	06:30	07:00	78		733	
	07:00	07:30	92		731	
	07:30	08:00	144		929	
	08:00	08:30	117		814	
	08:30	09:00	82		744	
Total			512	0	3952	0
VIERNES	06:30	07:00	81		723	
	07:00	07:30	94		751	
	07:30	08:00	141		907	
	08:00	08:30	114		808	
	08:30	09:00	84		743	
Total					14	

Tabla 16 Flujo de vehículos desde V3 – Semana 4
Fuente: Elaboración Propia